



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Facultad de Tecnología de la Construcción**

**Monografía**

**DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA INTERSECCIÓN HOSPITAL DEL NIÑO EN EL  
DEPARTAMENTO DE MANAGUA, 2015.**

Para optar al título de ingeniero civil

**Elaborado por**

Br. Ana María Lira Castro  
Br. Norlan Moisés López Alemán

**Tutor**

Ing. Israel Morales

Managua, Octubre 2018

## **DEDICATORIA**

Dedicamos este trabajo a nuestros padres, quienes a lo largo de nuestra vida han velado por nuestro bienestar y educación siendo apoyo en todo momento, depositando su entera confianza en cada reto que se nos presentaba sin dudar ni un solo momento en nuestra inteligencia y capacidades.

A nuestros hermanos por ser incondicionales a lo largo de nuestras vidas, sin condiciones, ni barreras.

A nuestros amigos por compartir con nosotros momentos felices y estar con nosotros en los momentos más difíciles, por dejarnos entrar en sus vidas y compartir experiencias inolvidables.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, porque ha estado con nosotros en cada paso que damos, guiándonos y dándonos fortaleza para continuar. Gracias por todas las bendiciones que siempre nos has concedido y por ser guía en todo camino.

Nuestros padres por su apoyo y orientación. Agradecemos sus sabios consejos que en el momento exacto nos has sabido dar, para enfrentar los momentos difíciles, por ayudarnos a tomar las mejores decisiones en nuestra vida y sobre todo por su amor incondicional.

Al Ingeniero Israel Morales por el apoyo brindado y por su valiosa asesoría de manera desinteresada para la elaboración del presente trabajo monográfico.

A la Universidad Nacional de Ingeniería por abrirnos sus puertas y de este modo poder alcanzar uno de los sueños más importantes de nuestra vida. Gracias a todos los docentes que nos transmitieron su conocimiento y a la facultad en general (FTC).

## **RESUMEN DEL TEMA**

En el capítulo I Generalidades, se encuentra descrita la introducción, los objetivos, la justificación del porqué de la necesidad de realizar una mejora al diseño de la intersección y antecedentes de los trazados geométricos de las vías en Nicaragua.

En el capítulo II Información General sobre la Intersección Hospital del Niño – Mercado Roberto Huembes, se definen algunos conceptos considerados claves para el entendimiento de este documento, de igual forma se describe, la localización, vialidad y transporte de la intersección en estudio.

En lo que respecta al capítulo III Metodología para el Análisis de Intersecciones Semaforizada, se describe la metodología utilizada en el análisis de la capacidad y nivel de servicio para intersecciones semaforizadas, donde se implementó el método descrito por el HIGHWAY CAPACITY MANUAL (HCM) edición del año 2000, que traducido al español es Manual de Capacidad de Carreteras y para rotondas se utilizó el método descrito en las Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, en el cual se encuentra mejor detallado en el documento Funciones de las Rotondas Urbanas y requerimientos Urbanísticos de Organización.

En el capítulo IV Elementos para el Diseño Geométrico de Rotondas, se establecen los parámetros utilizados para el diseño de la rotonda o glorieta fueron los descritos en el AASTHO y la guía informativa: Rotondas Modernas, elaborada por la Administración Federal de Carreteras (Federal Highway Administration o FHWA en inglés) es una división del Departamento de Transporte de los Estados Unidos especializada en transporte por carretera.

La Metodología para el Cálculo de Capacidad de Rotondas se encuentra descrita en el capítulo V, donde se detalla el procedimiento de los cálculos para la obtención de los resultados de la capacidad.



En el capítulo VI se encuentran el Levantamiento de la Información de la Intersección Hospital del Niño. Las fuentes principales de información obtenida en relación a los índices de accidentalidad, fueron facilitadas por el departamento de Ingeniería de Transito de la policía Nacional y lo que respecta al diseño recientemente ejecutado en la pista Solidaridad (Lugar donde se encuentra ubicado el sitio en estudio), fue facilitado por la Alcaldía de Managua (ALMA). El levantamiento del tránsito fue realizado por los autores de este documento, con recursos propios.

La Presentación de los Resultados está contenida el en capítulo VII, donde se plantea el análisis de los resultados de los cálculos realizados para cada uno de los aspectos a evaluar.

## ÍNDICE

<b>CAPÍTULO I: GENERALIDADES</b>	<b>1</b>
1.1 Introducción	2
1.2 Antecedentes	4
1.3 Justificación	5
1.4 Objetivos	7
1.4.1 Objetivo General:	7
1.4.2 Objetivos Específicos:	7
<b>CAPÍTULO II: INFORMACIÓN GENERAL SOBRE LA INTERSECCION HOSPITAL DEL NIÑO – MERCADO ROBERTO HUEMBES</b>	<b>8</b>
2.1 Definiciones	9
2.2 Descripción del Sitio en Estudio	11
2.3 Localización	11
2.4 Vialidad	13
2.5 Transporte	13
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA PARA EL ANALISIS DE INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS</b>	<b>14</b>
3.1 Introducción al HCM 2000	16
3.2 Metodología para el Análisis	16
3.2.1 Parámetros de Entrada	18
3.2.2 Agrupación de carriles	19
3.2.3 Determinación de la Tasa de Flujo	20
3.2.4 Determinación de la tasa de flujo de saturación	20
3.2.5 Análisis de Capacidad	23
3.2.6 Demora	24
3.2.7 Nivel de servicio	25
<b>CAPITULO IV: ELEMENTO PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE ROTONDAS</b>	<b>26</b>
4.1. Elementos Geométricos	27
4.1.1. Diámetro del Círculo Inscrito	28
4.1.2. Ancho de Entrada	28
4.1.3. Ancho de Calzada Circulatoria	29
4.1.4. Isleta Central	29
4.1.5. Curvas de Entrada	30
4.1.6. Curvas de Salida	31
4.1.7. Cruces Peatonales	32
4.1.8. Isleta Partidora	32
4.2. Elementos de Diseño	33
4.2.1. Velocidad de Diseño	36
4.2.2 Relación Velocidad - Curva	36
4.2.3. Vehículo de Diseño	38
4.2.4. Vehículo no motorizado de Diseño	39
4.1.5. Alineamiento de Aproximaciones y entradas	39
<b>CAPITULO V: METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN ROTONDAS</b>	<b>41</b>
5.1. Fórmula Unificada de Kimber para el Cálculo de la Capacidad	42
5.2 Visibilidad de Rotonda	44

<b>CAPÍTULO VI: LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN DE LA INTERSECCIÓN HOSPITAL DEL NIÑO .....</b>	<b>45</b>
6.1 Levantamiento Topográfico de la Intersección.....	46
6.2 Fases de los Semáforos .....	49
6.3 Volumen de Tráfico Diario.....	49
6.4 Volumen de Tránsito Obtenidos en la Hora Pico .....	51
6.6 Rutas Alternas.....	52
<b>CAPÍTULO VII: PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS .....</b>	<b>53</b>
7.1 Intersección Actual.....	54
7.1.1 Distribución de los grupos de carriles .....	54
7.1.2 Factor de Hora de Máxima Demanda por Acceso .....	56
7.1.3 Cálculo de la tasa de flujo por acceso .....	56
7.1.4 Determinación de la Tasa del Flujo de Saturación.....	57
7.1.5 Determinación de la Capacidad .....	59
7.1.6 Determinación del grado de saturación .....	60
7.1.7 Determinación de la Demora .....	61
7.1.8 Determinación del Nivel de Servicio .....	61
7.1.9 Determinación del índice de Accidentalidad en la Intersección Hospital del Niño.....	62
7.2 Intersección Propuesta .....	62
7.2.1 Ventajas y Desventajas .....	64
7.2.2 Cálculo de la Capacidad de rotonda. ....	65
7.2.3 Proyección de Tránsito futuro .....	66
7.2.4 Diseño de la Intersección Hospital del Niño.....	69
7.2.5 Descripción de la Obra Proyectada .....	74
7.3 Consideraciones de Señalizaciones de Tránsito.....	75
7.3.1 Señales Verticales .....	76
7.3.2 Señales Horizontales .....	78
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>81</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>83</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>84</b>
<b>ANEXOS</b>	
ANEXO No. 1: TABLAS RESUMEN DE AFORO VEHICULAR Y GRÁFICAS DE PORCENTAJES DEL TIPO DE VEHÍCULOS	
ANEXO No. 2: RUTAS ALTERNAS	
ANEXO No. 3: IMÁGENES DEL PROGRAMA AUTOCAD CIVIL 3D	
ANEXO No. 4: MEMORIA DE CALCULO DEL RAMAL DEL HUEMBES	
ANEXO No. 5: PLANOS	
ANEXO No. 6: PROPUESTA DE SEÑALIZACIÓN EN LA ROTONDA	

## **CAPÍTULO I: GENERALIDADES**

## **1.1 Introducción**

El presente trabajo describe el funcionamiento de la intersección del Hospital del Niño antes de ser ampliada la pista Solidaridad, presentando el análisis de capacidad y nivel de servicio con el que funcionaba la intersección, aunque en la actualidad los cambios que se generaron con la ampliación de la pista Solidaridad, fue en su geometría, se sigue teniendo los mismos conflictos. Los conteos de tráfico, levantamiento topográfico y frecuencia de accidentalidad fueron realizados antes de comenzar el proyecto de ampliación.

Con el propósito de brindar una propuesta que pueda iniciar a mejorar el problema de congestionamiento presentado en la Intersección Hospital del Niño, a lo largo del documento se plantean los métodos de análisis que llevan a tomar en cuenta los factores que son indispensable para mejorar el conflicto de circulación presente en la intersección en estudio, como es la falta de Capacidad, ya que con ella se puede tener una idea del tipo de diseño que podría dar respuesta a la demanda presente en ese punto crítico, siempre sin dejar por fuera factores físicos y de tránsito.

El estudio de la capacidad se realizó tomando en cuenta los estándares de calidad que se requieren para toda ejecución de proyecto, por lo anterior se tomó como referencia para este cálculo el manual Estado Unidense Highway Capacity Manual (HCM) edición del año 2000, en español Manual de Capacidad de carretera, este utilizado para el análisis de intersecciones semaforizadas.

De igual forma el documento presenta una propuesta para el mejoramiento del problema de circulación, la cual consiste en el diseño de una rotonda, considerando que este podrá ser el punto de partida para un paso a desnivel, ya que el parque vehicular no es estático y todo va en aumento, sería muy probable llevar a cabo en un futuro, mejoramientos al diseño propuesto. Cabe mencionar que para la propuesta presentada se tomó en cuenta la ampliación realizada de la pista Solidaridad, proyecto ejecutado por la Alcaldía de Managua.

Otro aspecto no menos importante fue el estudio de vías alternas alrededor del punto crítico, con el objetivo de tener una visión más amplia de las vías secundarias que pueda ayudar a los usuarios a llegar a su destino sin necesidad de circular por la intersección en horas picos, lo cual se reflejaría de manera positiva en costos y tiempo.

Como en todo diseño parece ser una constante, el querer que este funcione con las capacidades que fueron proyectadas, lo anterior no siempre suele ser de ese modo recordemos que las mejoras no siempre aseguran una solución final al problema de circulación vehicular congestionada, es por ello que siempre los expertos están en constantes estudios para seguir brindando soluciones a los inconvenientes que surgen alrededor de este problema.

## **1.2 Antecedentes**

En Nicaragua se han realizado diseños geométricos viales trazados de forma manual (Dibujos topográfico, elaboración de planos, cálculo de curvas de nivel). Sin embargo, con el avance tecnológico se ha agilizado este trabajo, el cual ha venido a facilitar el diseño de las intersecciones con el software Auto CAD Civil 3D, de esta forma se ha contribuido a la modernización del diseño del sector transporte en nuestro país, garantizando la seguridad de la personas, flujos y mejores condiciones de las vías.

La Alcaldía de Managua en el documento “Características Generales de la Distribución de Managua, noviembre 2011”, señala que el distrito V de este departamento tiene un área de 49 km<sup>2</sup>, cuenta con una población de 213,845 habitantes, de los cuales siguen en aumento, según estas estadísticas el parque vehicular también se ha incrementado; dicho distrito limita el norte con el barrio Santos López, al sur al barrio la Fuente, al este con el Reparto Santa Julia, y al oeste con el Hospital Roberto Huembes, teniendo como coordenadas geográficas, Latitud 12° 07’ 20 ” y Longitud 86° 14’ 39”.

Como se ha mencionado, el incremento de la población de esta zona, ha llevado a las entidades correspondientes a buscar alternativas que den solución a la demanda actual y futura de las vías que la conforman.

### **1.3 Justificación**

La adquisición de vehículos por un mayor número de personas es ahora una necesidad y no un lujo como en un principio fue pensado por muchos. Nicaragua no es exenta de esta necesidad, principalmente en la capital que es el núcleo donde se desarrolla con más auge las actividades productivas que sacan adelante la economía de nuestro país.

El aumento del tránsito vehicular de nuestra capital ha generado conflictos de circulación que se establecen en puntos determinados como críticos y que se encuentran plenamente identificados por todos aquellos que hacen uso de estas vías en el diario vivir.

La intersección del Hospital del Niño es uno de esos puntos críticos, por tal razón se hace indispensable brindar una propuesta que pueda mermar este problema y cuya finalidad será mejorar la circulación vehicular, lo que conllevaría a disminuir significativamente malas maniobras y por consiguiente el índice de accidentalidad. Cabe resaltar que la disminución de los accidentes dependerá en gran medida de la responsabilidad con que asuman los usuarios el uso apropiado del nuevo diseño, respetando las señalizaciones del mismo.

Otro conflicto que se produce es en la entrada del acceso del hospital del Niño, ya que se ha vuelto cada vez más difícil con el congestionamiento que se genera, pues la necesidad de que el flujo vehicular sea óptimo ayudaría en gran manera a mejorar el ingreso y circulación hacia el Hospital tanto para los vehículos como peatones.

Hay mucho por hacer desde el punto de vista de la investigación, esto ha sido una razón fundamental que nos ha llevado a desarrollar este tema, pero consideramos puede ser un pequeño aporte o al menos un incentivo a otros para investigar las condiciones particulares de nuestras vías y el comportamiento real del tráfico, para plantear soluciones a los problemas que hemos hecho referencia.







Nicaragua posee el mismo diseño geométrico vial desde hace más de cuarenta (40) años, los únicos avances significativos que han surgido en los últimos diez (10) años es la implementación de los semáforos inteligentes y construcción del paso a desnivel de Rubenia, el cual conllevó la ampliación de la pista Solidaridad; pista donde está situada la intersección en estudio.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General:**

Diseñar geométricamente la intersección del Hospital del Niño a través del software Auto CAD Civil 3D para el mejoramiento de la circulación vehicular.

### **1.4.2 Objetivos Específicos:**

-  Realizar un levantamiento Topográfico que brinde información del terreno para implementarlo en la elaboración del diseño.
-  Describir el funcionamiento actual de la intersección mediante un estudio de tránsito para determinar los factores de diseño e índice de accidentalidad.
-  Analizar las características de la vía y zonas adyacentes a ella, para detectar rutas alternas, mediante mapas existentes de la zona.
-  Elaborar el diseño geométrico de la intersección con la ayuda del software Auto CAD Civil 3D, utilizando los datos obtenidos en el levantamiento.

**CAPÍTULO II: INFORMACIÓN GENERAL SOBRE LA INTERSECCION  
HOSPITAL DEL NIÑO – MERCADO ROBERTO HUEMBES**

Antes de adentrarnos en lo que respecta a la información puntual de la intersección, se mencionarán conceptos básicos y claves que serán de mucha ayuda en la comprensión de este documento.

## **2.1 Definiciones<sup>1</sup>**

Intersección: Área donde dos o más Carreteras se interceptan, ya sea uniéndose o simplemente cruzándose. A cada vía que sale o llega a una intersección se puede identificar como ramal o acceso de intersección.

Intersección Semaforizada: Son todos aquellos entrecruzamientos en carreteras que sus movimientos de avance están dirigidos por los por ciclos de semáforos.

Intersecciones Giratorias: Conocidas también como rotondas o glorietas

Capacidad: Es la tasa de volumen máximo que puede pasar por una intersección desde un acceso, bajo condiciones prevalecientes.

Nivel de servicio: Es una medida de la calidad de la circulación, que se traduce en el grado de satisfacción o contrariedad que experimenta quien usa la vía.

Condiciones prevalecientes: Son condiciones existentes que influyen directamente en la capacidad de las vías.

Flujo de saturación: El volumen que entraría en una intersección Semaforizada, por un carril o acceso, si el semáforo estuviera siempre en verde y los vehículos no parasen.

---

<sup>1</sup> Conceptos tomados de las Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, 2da Edición Marzo 2004.

Intervalo de entrada: tiempo que transcurre entre la entrada de un vehículo y la del siguiente.

Intervalo de saturación: se produce cuando los intervalos de entradas se vuelven constante.

Brecha: tiempo que media entre el paso por un punto de una vía del extremo trasero de un vehículo y el delantero del que le sigue.

Demora media por control: es el tiempo perdido por detención, por aceleración y deceleración y el tener que avanzar lentamente en una cola intermitente.

Relación (V/C): es la relación volumen (demanda) capacidad (oferta).

Semáforos: son dispositivos electromagnéticos y electrónicos diseñados y producidos para facilitar el control del tránsito de circulación discontinua

Ciclo: secuencia completa de indicaciones del semáforo.

Intervalo: período de tiempo durante el cual todas las indicaciones permanecen constantes.

Fase: parte del ciclo asignada a cualquier combinación de movimientos direccionales que reciben simultáneamente el derecho de paso durante uno o más intervalos.

Tiempo de verde: Es el tiempo dentro de una fase cuando se exhibe la indicación verde.

Tiempo de verde efectivo: Es el tiempo que se aprovecha por los movimientos que se permiten en una fase dada. Se suele tomar como el tiempo de verde más el amarillo y menos el tiempo perdido para la fase considerada.

Semáforos de tiempo fijo: Se fijan previamente las duraciones de ciclo y los intervalos que permanezcan constante.

Giros protegidos: Son los movimientos vehiculares que se hacen sin conflicto alguno.

Giros permitidos: Son los que se permiten cuando hay conflictos con movimientos vehiculares o peatonales, tales como las vueltas a la izquierda en oposición de movimientos de frente opuestos, o las vueltas a la derecha a través de un paso peatonal con derecho a cruzar.

## **2.2 Descripción del Sitio en Estudio**

La intersección se encuentra ubicada en el distrito V de la ciudad capital Managua, en la zona que presenta el mayor potencial para el crecimiento urbano, previsto dentro del Plan General de Desarrollo Urbano de la ciudad. Este crecimiento se ha venido acelerando por lotificaciones y ventas de terrenos en la parte Este del distrito. Actualmente cuenta con 156 barrios.

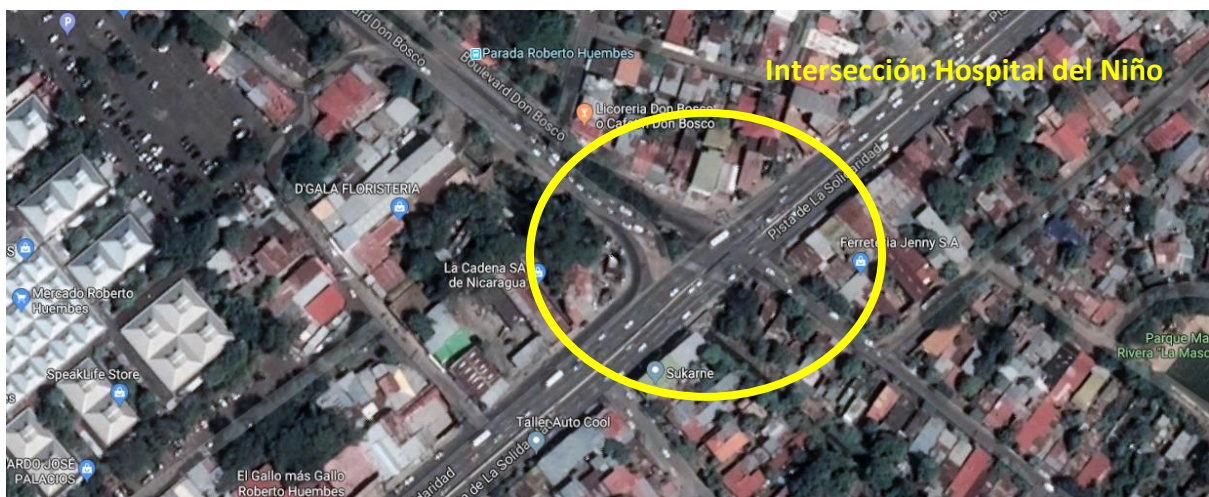
## **2.3 Localización**

La localización de la intersección Hospital del Niño es en la pista Solidaridad, dicha intersección conecta el paso desnivel de Rubenia con el Mercado Roberto Huembes y la Pista del Dorado con el acceso al Hospital del Niño.

**Figura 1: Macro Localización del Área**



**Figura 2 : Micro Localización del Área**



## **2.4 Vialidad**

Actualmente el acondicionamiento de esta vía ha venido mejorando significativamente con la ampliación de la pista y construcción de paso a desnivel de Rubenia, pero aún hace falta por mejorar en este punto en particular ya que se sigue teniendo el mismo problema de congestionamiento severo al llegar a los semáforos del hospital del Niño.

## **2.5 Transporte**

Uno de los puntos de comercio más significativo de la capital se encuentra en el sector de la intersección del Hospital del Niño con el populoso centro de compras Mercado Roberto Huembes, esto conlleva a que gran parte del transporte, colectivo, individual y municipal concurren en este punto.

De lo anterior expuesto resulta que la circulación no sea fluida en la intersección, no solamente en horas críticas, sino también en otras horas del día y se tengan que esperar largo tiempo para salir del embotellamiento que se genera.



### **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA PARA EL ANALISIS DE INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS**

El diseño de las intersecciones de una carretera debe corresponder en un todo a su función, responder a las necesidades de los vehículos automotores que se interceptan en el área de encuentro, al tipo de vías que confluyen, clasificación, tipo de control de accesos, velocidad, preferencia de paso, y todas aquellas características de funcionalidad que estén contempladas en el planeamiento en desarrollo que puedan afectar la intersección.

Por lo anterior se hace indispensable constar con un estudio de tránsito que permita determinar los volúmenes, su composición y su evolución a lo largo del día, análisis de cada movimiento en las horas pico para determinar la capacidad correspondiente a cada ramal, tipo de vehículo para el que se proyecta la intersección, velocidad en los accesos. En esta zona urbana se debe tener en cuenta el flujo peatonal y las paradas del sistema de transporte público con su correspondiente información (frecuencia, tiempo de parada, condiciones actuales, posibles modificaciones, etc.).

Para el estudio del funcionamiento actual de la Intersección Hospital del Niño se implementará el método del análisis operacional descrito en el HIGHWAY CAPACITY MANUAL (HCM) edición del año 2000<sup>2</sup>, en español Manual de Capacidad de carretera.

---

<sup>2</sup> Este método se encuentra descrito en el capítulo No. 16 del Transportation Research Board edición del año 2000.

### 3.1 Introducción al HCM 2000

El HCM es una publicación de Transportation Research Board (TRB) en los Estados Unidos. Contiene conceptos, directrices y procedimientos de cálculo para la capacidad y nivel de servicio en las carreteras.

El manual tiene como intención proveer una base sistemática y congruente para el establecimiento de los valores estimados de la Capacidad y los Niveles de Servicio del sistema de transporte terrestre.

Dichos parámetros y métodos han sido establecidos a partir de una amplia gama de estudios e investigaciones llevados a cabo durante los últimos cincuenta años en los que se reflejan condiciones promedio de circulación en los EEUU. De manera que al hacer uso del HCM 2000 debe tenerse en cuenta que la mayoría de los datos de investigación provienen particularmente de valores por defecto y aplicaciones para los EEUU.

Con base en los métodos presentados en el Manual de Capacidad de Carreteras se requiere destacar la calibración de las ecuaciones, respecto a las condiciones locales, se consideran las diferencias más importantes de las condiciones del tránsito, condiciones geométricas y de los dispositivos de control.

Es importante mencionar que ya fue presentada la nueva versión del Highway Capacity Manual HCM 2010, en la cual se presentan algunas Variantes, pero como se planteó anteriormente, en este estudio se utilizará la versión del año 2000.

### 3.2 Metodología para el Análisis

En la Metodología del **HIGHWAY CAPACITY MANUAL (HCM)** existen dos tipos de análisis para intersecciones semaforizadas, estas son: El Análisis Operacional y El Análisis de Planeación.

El Análisis Operacional permite determinar la capacidad y el nivel de servicio de cada grupo de carriles o acceso, lo mismo que el nivel de servicio de la intersección. El Análisis de Planeación es para dimensionar la intersección o para determinar la suficiencia de la capacidad de la intersección para fines de planeación. En este nivel de análisis no se obtienen niveles de servicio.

El desarrollo de esta investigación se basa en la metodología para el Análisis Operacional, pero introduciendo algunas variantes, en lo que respecta a las metodologías de campo, debido a que se estudia el comportamiento y se determinará los valores reales de esas variables (volúmenes de tránsito, velocidad, flujo de saturación, tiempo de demoras) en la Intersección del Hospital del Niño.

Unos de los componentes principales para el diseño geométrico según las Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, 2da Edición - marzo 2004.<sup>3</sup>, son la Capacidad y Nivel de Servicio, normas que toman como referencia principal para el cálculo el Manual de capacidad de Carreteras (HCM), es por tal razón que se utilizará el Análisis Operacional ya que está enfocado en la determinación de estas componentes.

Tomando en cuenta la complejidad de este análisis, el HCM divide el procedimiento en módulos, los cuales se resumen a continuación:

- Parámetros de Entrada.
- Agrupación de Carriles.
- Tasa de Flujo de Saturación.
- Análisis de Capacidad.
- Análisis de nivel de Servicio.

---

<sup>3</sup> Capítulo No. 5 Intersecciones a Nivel de las Carreteras.

### 3.2.1 Parámetros de Entrada

En este módulo se recopilan los datos necesarios para efectuar un análisis operacional.

**Tabla 1:** Parámetros de Entrada para el Cálculo del Nivel de Servicio.<sup>4</sup>

Tipo de condición	Parámetro
Geométricas	Tipo de Área
	Número de Carriles, N
	Ancho promedio de Carriles, W (m)
	Pendiente, G (%)
	Existencia de carriles exclusivos LT y RT
	Longitudes de bahías, LT o RT, Ls (m)
	Estacionamiento
Tránsito	Volumen de demanda por movimiento, V (veh/h)
	Tasa de flujo de saturación base, So (Vehículos livianos/h/Carril)
	Factor de la hora de máxima demanda FHMD
	Porcentaje de vehículos pesados HV (%)
	Autobuses locales que paran en la Intersección Nb (Autobuses/Hora)
	Actividad de Estacionamiento, Nm (Maniobras/hora)
	Tipos de Llegadas AT
	Proporción de vehículos que llegan en verde, P
	Velocidad de Aproximación, SA (km/h)
Semáforos	Longitud de Ciclo, C (s)
	Tiempo en Verde, G (s)
	Amarillo más todo Rojo, Intervalo de cambio y despeje, entre-verde, Y (s)
	Operación accionada o prefija
	Botón Peatonal
	Verde mínimo peatonal, Gp (s)
	Plan de Fases
	Período de análisis T (h)

---

<sup>4</sup> Fuente: HIGHWAY CAPACITY MANUAL 2000, capítulo No. 16: Signalized Intersections Methodology.  
Traducción Libre.

### 3.2.2 Agrupación de carriles

Un grupo de carriles es un conjunto de accesos de flujos vehiculares. Se debe establecer en la intersección grupos de carriles apropiados, considerando tanto la geometría de la intersección como la distribución de los movimientos vehiculares. En general, deberán establecerse grupos de carriles separados, cuando se disponga de bahías exclusivas de vuelta a izquierda y a la derecha; los demás carriles directos se consideran en un grupo simple de carriles.

Cuando se tenga carriles de vuelta a izquierda compartidos, se deberá evaluar la operación en el carril compartido para determinar si efectivamente funciona como carril exclusivo de vuelta izquierda, debido a la presencia de altos volúmenes de vuelta a la izquierda. Para un acceso, cuando el flujo de vuelta a la izquierda en el carril de extremo izquierdo es menor que el flujo promedio en los carriles, se supone que los vehículos directos comparten el carril izquierdo y todo el acceso puede suponerse en un grupo de carriles simple. En caso de ser mayor, el carril exterior se debe designar como un carril exclusivo de vuelta a la izquierda en un grupo de carriles separado.

Matemáticamente esto se expresa así:

$$V_1 < \frac{V_a - V_l}{N - 1} \quad (\text{Ecuación 3 - 1})$$

$$V_1 \geq \frac{V_a - V_l}{N - 1} \quad (\text{Ecuación 3 - 2})$$

Donde:

$V_l$  = Volumen actual de vuelta a la izquierda (vehículos/h).

$V_a$  = Volumen actual en el acceso (vehículos/h).

$N$  = Número de carriles del acceso.

Si se cumple la primera desigualdad, el carril extremo izquierdo es un carril compartido y se usa un solo grupo de carriles para todo el acceso. Si, por el contrario, se cumple la segunda desigualdad, el carril extremo izquierdo actúa como un carril exclusivo de vuelta a la izquierda y, por lo tanto, deberá establecerse como un grupo separado de carriles.

### 3.2.3 Determinación de la Tasa de Flujo

Es necesario convertir los volúmenes horarios a tasas de flujo durante 15 minutos a través del factor de la hora de máxima demanda, así:

$$V_p = \frac{V}{FHMD} \quad \text{Ecuación 3 - 3}$$

$$FHMD = \frac{VHMD}{4 * I_{15}} \leq 1 \quad \text{Ecuación 3 - 3a}$$

Donde:

$V_p$  = Tasa de flujo durante los 15 minutos más cargados (vehículos/h).

$V$  = Volumen horario.

$FHMD$  = Factor de la hora de máxima demanda.

$VHMD$  = Volumen horario de Máxima demanda.

$I_{15}$  = Flujo máximo (número de vehículos) que transitan en 15 minutos

### 3.2.4 Determinación de la tasa de flujo de saturación

La tasa de flujo de saturación se define como la tasa máxima de flujo, en un acceso o grupo de carriles, que puede pasar a través de la intersección bajo las condiciones

prevalecientes del tránsito y la calle, suponiendo que dicho acceso o grupo de carriles tiene el 100% del tiempo disponible como verde efectivo (esto es,  $g/C=1.0$ )<sup>5</sup>. Las condiciones prevalecientes del tránsito incluyen los volúmenes por tipo de movimiento (izquierda, directo, derecha), su composición vehicular (automóviles, autobuses, camiones), maniobras de estacionamiento, paradas de autobuses y conflictos con peatones y ciclistas. Las condiciones prevalecientes de la calle describen las características geométricas de los accesos en términos del número y ancho de carriles, pendientes y uso de carriles incluyendo carriles de estacionamiento. Las condiciones prevalecientes del semáforo incluyen la secuencia de fases, asignación de tiempos y el tipo de operación o control.

El flujo de saturación se expresa en vehículos por hora de luz verde, y puede determinarse mediante estudios de campo o calcularse con la siguiente expresión:

$$s_i = (s_0)(N)(f_a)(f_W)(f_{HV})(f_g)(f_{bb})(f_a)(f_{LT})(f_{RT}) \quad \text{Ecuación 3 – 4}$$

$s_i$  = Tasa de flujo de saturación del grupo de carriles i (vehículos/hora verde).

$s_0$  = Tasa de flujo de saturación base por carril (autos/hora verde/carril).

$N$  = Número de carriles del grupo de carriles.

$f_W$  = Factor de ajuste por ancho de carriles.

$f_{HV}$  = Factor de ajuste por vehículos pesados.

$f_g$  = Factor de ajuste por pendiente del acceso

$f_{bb}$  = Factor de ajuste por bloqueo de buses que paran en el área de la intersección

$f_a$  = Factor de ajuste por tipo de área

$f_{LT}$  = Factor de ajuste por vueltas a la izquierda

$f_{RT}$  = Factor de ajuste por vueltas a la derecha

---

<sup>5</sup> Dónde  $g$  = tiempo de verde efectivo para el grupo de carriles y  $C$  = ciclo del Semáforo, ambas variables en segundos.



**Tabla 2:** Factores de Ajuste de la Tasa de Flujo de Saturación<sup>6</sup>.

FACTOR	FÓRMULA	DEFINICION DE VARIABLES	NOTAS
Ancho de carriles	$F_w = 1 + \frac{W - 3.6}{9}$	W= ancho de carriles (m).	W≥2.4 m Si W≥ 4.8 m. Analizar como dos carriles.
Vehículos pesados.	$F_{HV} = 1 + \frac{100}{100 + \%HV(E_T - 1)}$	%HV= Porcentajes de vehículos pesados del grupo.	$E_T = 2.4$ Autos/ pesados
Pendientes	$F_g = 1 + \frac{\%G}{200}$	%G= Porcentajes dependientes del acceso.	-6≤%G≤+10 Negativos en descensos.
Estacionamiento	$F_p = \frac{N - 0.1 - \frac{18N_M}{3600}}{N}$	N= Números de carriles del grupo. N <sub>M</sub> =Números de maniobras/h.	0≤N <sub>M</sub> ≤180 $F_p = 0.050$ $F_p = 1$ Para sin estacionamiento.
Bloqueo de buses	$F_{bb} = \frac{N - \frac{14.4N_B}{3600}}{N}$	N= Números de carriles del grupo. N <sub>b</sub> =Números de buses que paran por hora.	0≤N <sub>B</sub> ≤250 $F_{BB} \geq 180$
Tipo de área	$F_A = 0.9$ en CBD $F_A = 1.0$ En otras áreas.	CBD= Distrito central de negocios (Centro de ciudad.)	
Utilización de carril.	$F_{LU} = \frac{V_g}{V_{g1}N}$	V <sub>g</sub> = tasa de flujo de demanda no ajustada del grupo de carril(veh/h) V <sub>g1</sub> = tasa de flujo de demanda no ajustada del carril con el volumen más alto del grupo	

<sup>6</sup> Fuente: HIGHWAY CAPACITY MANUAL 2000, capítulo 16: Signalized Intersections Methodology.

FACTOR	FÓRMULA	DEFINICION DE VARIABLES	NOTAS
		N=números de carriles el grupo.	
Vueltas a la Izquierda	Fase Protegida Carril Exclusivo: $f_{LT} = 0.95$ Compartido: $f_{LT} = \frac{1}{1 + 0.05P_{LT}}$	$P_{LT}$ =Proporción de vueltas a la izquierda en el grupo de Carriles	
Vueltas a la Derechas	Carril Exclusivo $f_{RT} = 0.85$ Carril Compartido: $f_{RT} = 1 - 0.15P_{RT}$ Carril Simple: $f_{RT} = 1 - 0.135P_{RT}$	$P_{LT}$ =Proporción de vueltas a la Derecha en el grupo de Carriles	$f_{RT} \geq 0.050$

### 3.2.5 Análisis de Capacidad

La capacidad en una intersección controlada por semáforos se define para cada acceso o grupo de carriles, como la tasa de flujo máxima que puede pasar a través de la intersección bajo condiciones prevalecientes del tránsito, de la calle y del semáforo. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$c_i = S_i \left( \frac{g_i}{C} \right) \quad \text{Ecuación 3 - 5}$$

Donde:

$c_i$  = Capacidad del grupo de carriles i (vehículos/h).

$S_i$  = Tasa de flujo de saturación del grupo de carriles i (vehículos/hora verde).

$g_i$  = Tiempo verde efectivo para el grupo de carriles i (segundos verdes).

$C$  = Ciclo del semáforo (segundos).

$\left( \frac{g_i}{C} \right)$  = Relación de verde efectivo para el grupo de carriles i.

Recordando que  $\left(\frac{g_i}{c}\right) = 1$ , nos lleva a  $c_i = S_i$ .

### Relación volumen a capacidad

La relación volumen a capacidad, típicamente llamada grado de saturación, y simbolizado con la letra  $X$ , se calcula como:

$$X_i = \frac{v_i}{c_i} \quad \text{Ecuación 3 – 6}$$

Donde  $v_i$ , es la tasa de flujo de demanda actual o proyectada del grupo de carriles  $i$ . Reemplazando la capacidad se obtiene:

$$X_i = \frac{v_i}{S_i \left(\frac{g_i}{c}\right)} = \frac{\left(\frac{v}{s}\right)_i}{\left(\frac{g_i}{c}\right)} \quad \text{Ecuación 3 – 7}$$

En esta última expresión, al cociente  $\left(\frac{v}{s}\right)_i$ , se le denomina relación de flujo. Obsérvese que cuando la tasa de flujo  $v_i$  es igual a la capacidad  $c_i$ , el grado de saturación  $X_i$  es igual a 1.00, y cuando la tasa de flujo  $v_i$  es cero,  $X_i$  es igual a cero. Valores de  $X_i$  superiores a 1.00, indican un exceso de demanda sobre la capacidad.

### 3.2.6 Demora

Una vez divididos cada uno de los accesos que componen la intersección en grupos de carriles y calculada la capacidad de cada uno de estos grupos, puede calcularse la demora en cada grupo aplicando la siguiente expresión:

$$d = 0.38 \cdot C \cdot \frac{(1 - f_v)^2}{(1 - f_v \cdot \frac{1}{C})} + 173 \cdot \left(\frac{Vp}{c}\right)^2 \cdot \sqrt{\left(\left(\frac{Vp}{c}\right) - 1\right)^2 + 16 \cdot \left(\frac{Vp}{c^2}\right)} \quad \text{Ecuación 3 – 8}$$

$d$  = Demora para cada grupo.

$f_v$  = Es el factor de verde del grupo de carriles.

$C$  = Es el ciclo semafórico en segundos. (Segundos)

$V_p$  = Es la intensidad total del grupo de carriles

$c$  = Capacidad real del grupo de carriles.

Los valores de demora identifican el nivel de servicio para cada ramal.

### 3.2.7 Nivel de servicio

El nivel de servicio de una intersección está directamente relacionado con la demora promedio por controles por vehículo. Una vez obtenida la demora para cada grupo de carriles y agregada para cada acceso y para la intersección como un todo, se determinan los niveles de servicio.

**Tabla 3:** Clasificación de los Niveles de Servicios en Vías Urbanas<sup>7</sup>

NIVEL DE SERVICIOS EN VIAS URBANAS	
NIVEL DE SERVICIOS	DEMORA MEDIA(SEGUNDOS/VEH)
A	$d \leq 10$
B	$10 < d \leq 20$
C	$20 < d \leq 35$
D	$35 < d \leq 55$
E	$55 < d \leq 80$
F	$d > 80$

---

<sup>7</sup> Fuente: HIGHWAY CAPACITY MANUAL 2000, capítulo 16: Signalized Intersections Methodology.

## **CAPITULO IV: ELEMENTO PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE ROTONDAS**

La rotonda moderna representa un mejoramiento sustancial, en términos de eficiencia operativa y la reducción de frecuencia de accidente, en comparación con motores rotativos mayores y los círculos de tránsito.

**Figura 3:** Componentes principales de Rotonda<sup>8</sup>



#### 4.1. Elementos Geométricos

La interacción entre los componentes de la geometría es mucho más importante que las piezas individuales. Los componentes no son independientes uno del otro. Debe tenerse cuidado en asegurar que los elementos geométricos sean todos

---

<sup>8</sup> Tomado del Manual integrado en el Programa Auto CAD civil 3D

compatibles entre sí, de modo que se cumplan los objetivos generales de seguridad y capacidad.

#### **4.1.1. Diámetro del Círculo Inscrito**

Es la distancia a través del círculo inscrito por el cordón exterior (o borde) de la calzada circulatoria o bien, es la suma del diámetro de la isleta central (incluido el delantal, si existe) y el doble de la calzada circulatoria. El diámetro del círculo inscrito está determinado por un número de objetivos de diseño.

El tamaño del círculo inscrito depende mucho de los requerimientos de giro del vehículo de diseño. El diámetro debe ser lo suficientemente grande como para acomodar el vehículo de diseño, en tanto mantiene adecuada curvatura de deflexión para asegurar velocidades de viaje seguras a los vehículos más pequeños. En general, el diámetro mínimo del círculo inscrito deber ser de 30 m, para acomodar un vehículo de diseño WB-15<sup>9</sup>. En intersecciones de calles locales o colectoras pueden usarse rotondas menores, dado que el vehículo de diseño puede ser uno más pequeño.

#### **4.1.2. Ancho de Entrada**

El ancho de entrada es el mayor determinante de la capacidad de una rotonda, la cual no depende meramente del número de carriles que entran, sino del ancho total de entrada. En otras palabras, la capacidad de entrada crece uniformemente con los incrementos del ancho de entrada. Por lo tanto, los tamaños básicos de las calzadas de entradas y circulatoria se describen generalmente en términos de ancho, no en número de carriles. Las entradas de ancho suficiente como para

---

<sup>9</sup> Capítulo 6: Diseño Geométrico de Rotondas Modernas, FHWA-junio 2000

acomodar múltiples corrientes de tránsito (por lo menos 6.0 m) se pintan con líneas para designar carriles separados.<sup>10</sup>

Los requerimientos de capacidad y los objetivos de comportamiento dictarán que cada entrada sea de un cierto ancho, con un número de carriles de entrada. Además, los requerimientos de giro del vehículo de diseño pueden requerir que la entrada sea más ancha todavía. Los anchos de entrada típicos para entradas varían desde 4.3 hasta 4.9 m; sin embargo, pueden requerirse valores más altos o bajos que este rango para el vehículo de diseño de un lugar-específico, y requerimientos de velocidad para trayectorias vehiculares críticas.

#### **4. 1.3. Ancho de Calzada Circulatoria**

Los anchos de las entradas y los requerimientos de giro del vehículo de diseño determinan el ancho requerido de la calzada circulatoria. En general, debiera ser por lo menos tan ancho como el máximo de entrada y constante en toda la rotonda.

#### **4.1.4. Isleta Central**

La isleta central de una rotonda es la superficie elevada, no atravesable y comprendida por la calzada circulatoria; también puede incluir un delantal atravesable. Las isletas centrales deben ser siempre elevadas, no deprimidas, ya que las isletas deprimidas son difíciles de reconocer por parte de los conductores que se aproximan.

En general, la isleta central debiera ser de forma circular. Una calzada circulatoria de radio constante ayuda a promover velocidades constantes alrededor de isleta central. Por otra parte, las formas ovales o irregulares, son más difíciles de maniobrar y pueden promover velocidades más altas en las secciones rectas, y

---

<sup>10</sup> Capítulo 6: Diseño Geométrico de Rotondas Modernas, FHWA-junio 2000



velocidades reducidas en los arcos. Esta diferencia de velocidad puede dificultar juzgar a los conductores que entran la velocidad y aceptabilidad de claros en la corriente de tránsito circulatoria. También puede ser engañoso para los conductores que circulan, originando más choques por pérdidas de control. Las isletas centrales no circulares tienen las desventajas indicadas en un grado rápidamente creciente en cuanto son más grandes, porque las velocidades de circulación crecen.

#### 4.1.5. Curvas de Entrada

Las curvas de entrada son el conjunto de una o más curvas a lo largo del cordón derecho (o borde de pavimento) de la calzada de entrada que conduce hacia la calzada circulatoria. No debe confundirse con la curva de trayectoria de entrada, definida por el radio de la trayectoria de viaje vehicular más veloz a través de la geometría de entrada.

**Figura 4:** Diseño Curvas de Entrada en Rotonda<sup>11</sup>



<sup>11</sup> Capítulo 6: Diseño Geométrico de Rotondas Modernas, FHWA-junio 2000

El radio de entrada es un factor importante para determinar la operación de una rotonda porque impacta significativamente en la capacidad y seguridad. El radio de entrada, junto con el ancho de entrada, el ancho de la calzada circulatoria, y la geometría de la isleta central, controla la cantidad de deflexión impuesta sobre una trayectoria vehicular de entrada.<sup>12</sup>

La curva de entrada se diseña curvilíneamente tangencial al borde exterior de la calzada circulatoria. Igualmente, la proyección del borde interior (izquierdo) de la entrada debiera ser curvilíneamente tangencial a la isleta central.

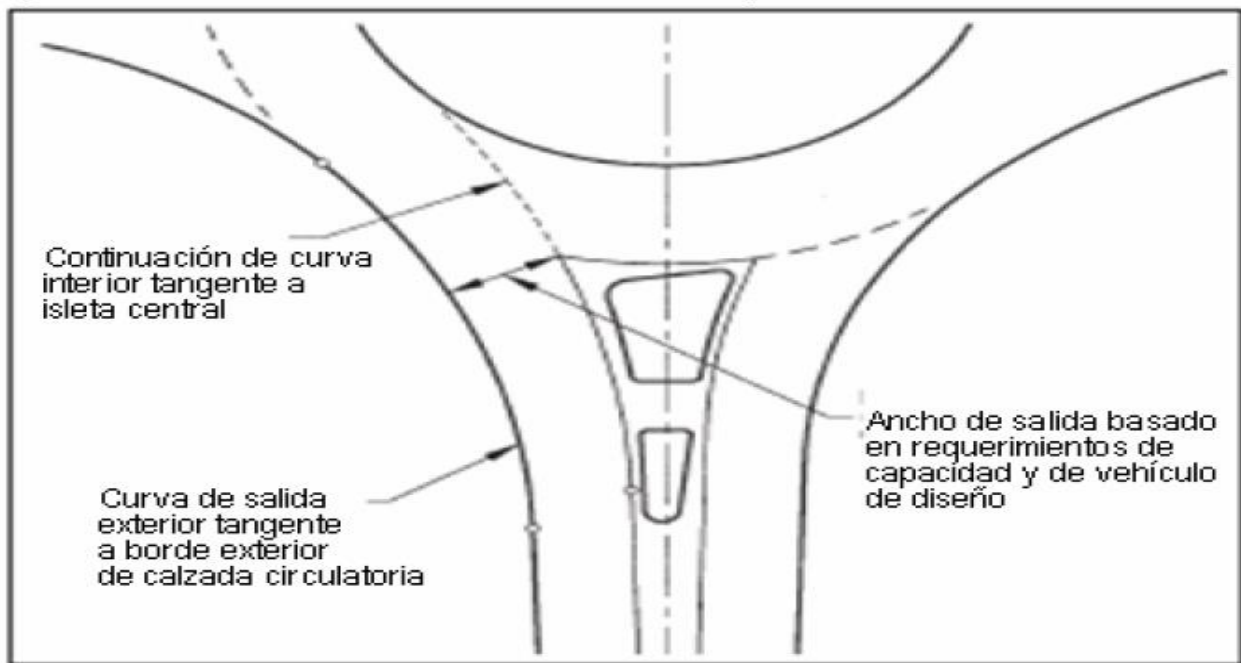
#### **4.1.6. Curvas de Salida**

La curva de salida debe producir un radio de trayectoria de salida no más pequeño que el radio de la trayectoria de circulación. Si el radio de la trayectoria de salida es más pequeño que el radio de la calzada circulatoria, los vehículos viajarán muy rápido para maniobrar la geometría de salida, y pueden chocar en la isleta partidora o contra el tránsito opuesto en el carril de aproximación adyacente. Del mismo modo, para asegurar velocidades bajas en el cruce peatonal corriente abajo, el radio de la trayectoria de salida no debe ser significativamente mayor que el radio de la trayectoria de circulación.

---

<sup>12</sup> La figura 4 representa una típica geometría de Curva de entrada.

**Figura 5:** Diseño de Curvas de Salida en Rotonda<sup>13</sup>



#### 4.1.7. Cruces Peatonales

Debido a la exigencia de tránsito vehicular y más en las zonas urbanas donde prevalecen los congestionamientos, es muy difícil desarrollar condiciones para los peatones, pero tales condiciones conviene hacerlas ya que como cita el libro verde la ASSTHO “Los peatones son el alma de nuestras zonas urbanas, especialmente en el centro y zona de comercio”

#### 4.1.8. Isleta Partidora

Las isletas deben proveerse en todas las rotondas, excepto en las de diámetros muy pequeños en las cuales la isleta partidora podría obstruir la visibilidad de la isleta central. Su propósito es dar protección a los peatones (incluyendo sillas-de-ruedas, bicicletas, y cochecitos para niños), ayudar a controlar las velocidades, guiar al

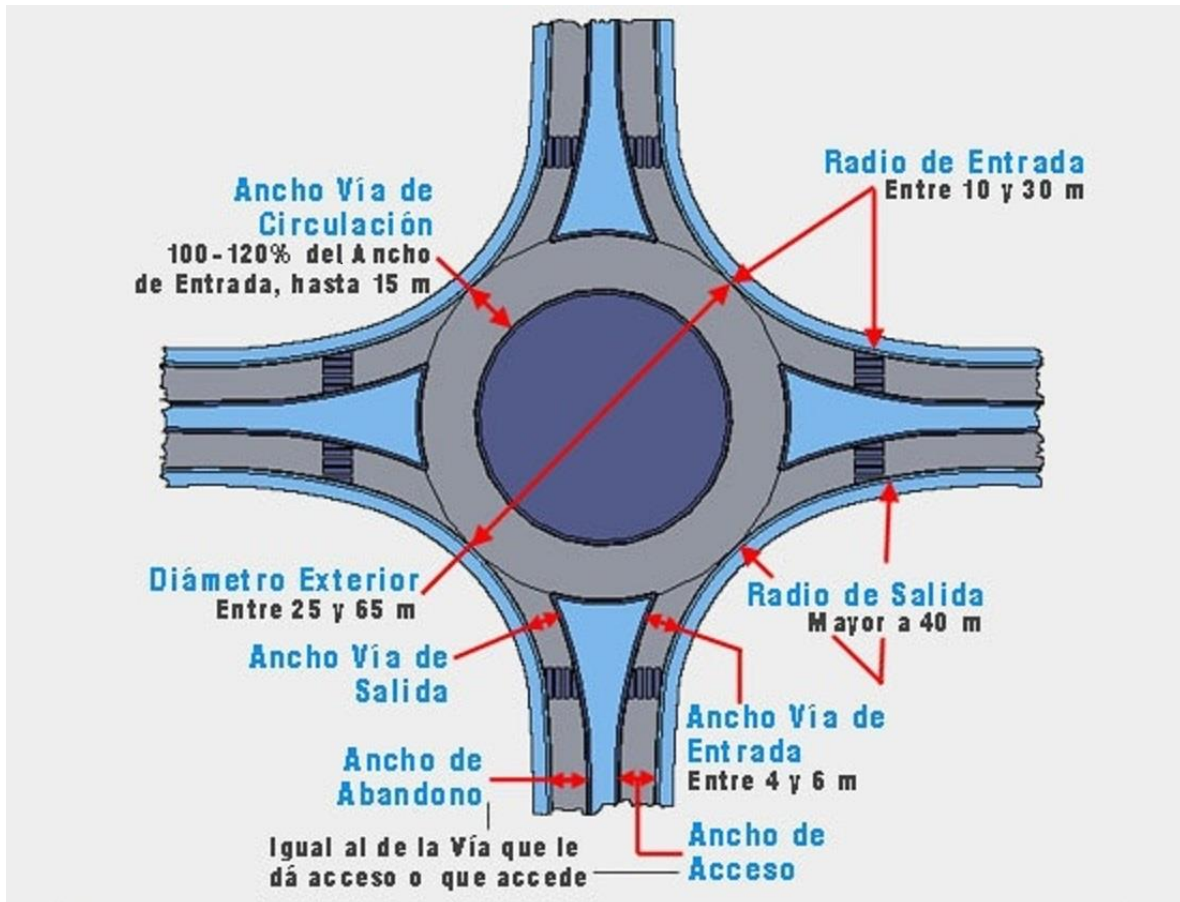
---

<sup>13</sup>Capítulo 6: Diseño Geométrico de Rotondas Modernas, FHWA-junio 2000.

tránsito en la rotonda, separar físicamente las corrientes de tránsito que entran y las que salen, e impedir movimientos a contramano. Adicionalmente, las isletas partidoras pueden usarse como un lugar para instalar señales.

#### 4.2. Elementos de Diseño

**Figura 6:** Parámetros geométricos de una Rotonda.<sup>14</sup>



<sup>14</sup>Capítulo 6: Diseño Geométrico de Rotondas Modernas, FHWA-junio 2000.

Los Rangos de los valores prácticos para el diseño de geométricos de Rotondas, son los siguientes:

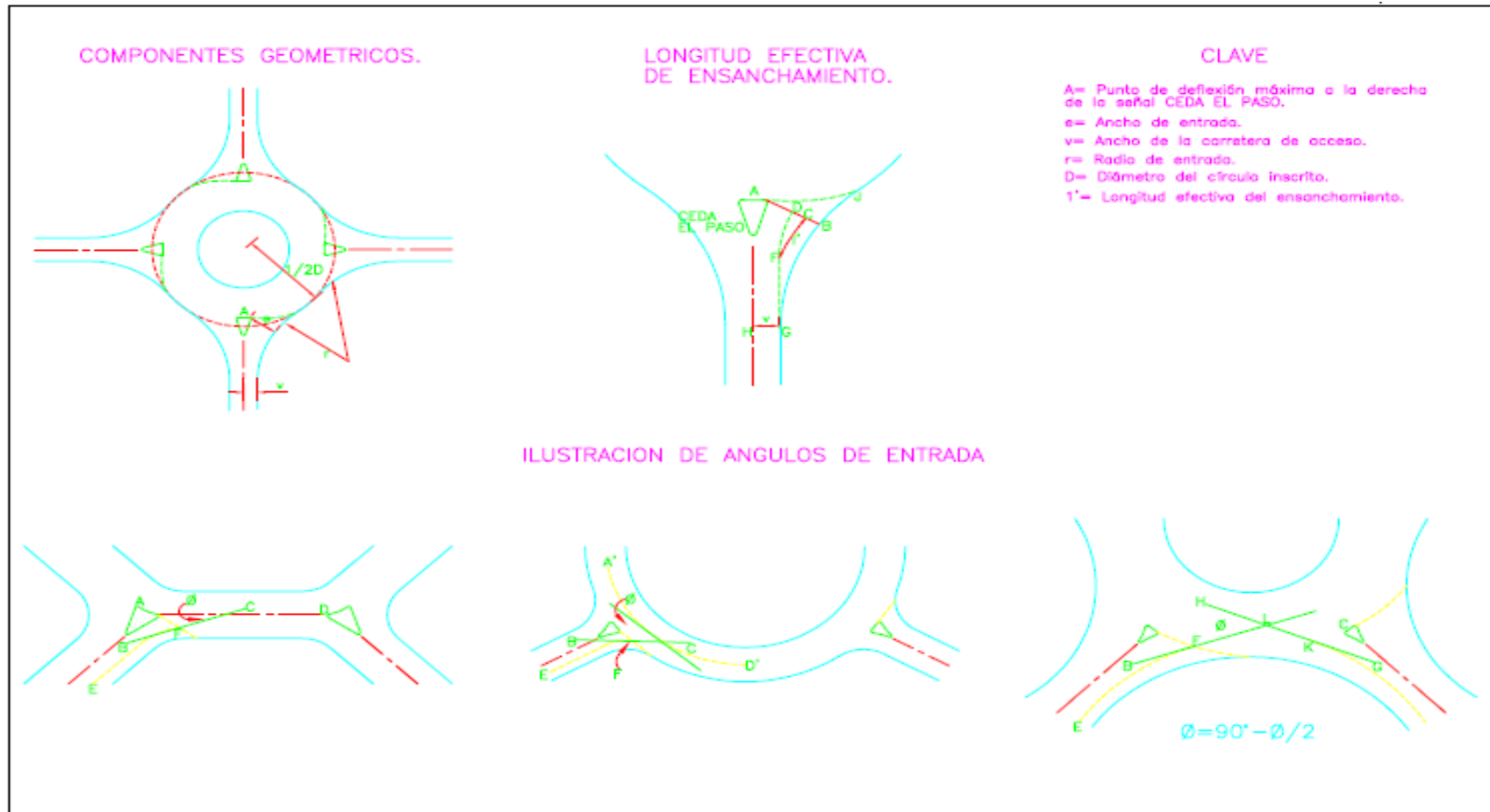
**Tabla 4:** Rango de Valores Prácticos para el Diseño Geométrico de Rotondas<sup>15</sup>

Descripción	Valores Prácticos
<b>e</b> Ancho de Entrada y Salida	4-15 m
<b>v</b> Mitad del Ancho de Acceso	2-7.3 m
<b>l'</b> Promedio de Longitud efectiva de ensanchamiento	1-100 m
<b>S</b> Amplitud del Ensanchamiento	0-2.9 m
<b>r</b> Radio de Entrada y Salida	6-100 m
<b><math>\theta</math></b> Ángulo de Entrada y Salida	10-60°
<b>D</b> Diámetro del Circulo Inscrito	15-100 m

---

<sup>15</sup>Fuente: Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, 2da Edición marzo 2004, Capítulo No. 5 Intersecciones a Nivel de las Carreteras

Figura 7: Parámetros de diseño.<sup>16</sup>



<sup>16</sup>Capítulo 6: Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, 2da Edición marzo 2004, Capítulo No. 5 Intersecciones a Nivel de las Carreteras

#### 4.2.1. Velocidad de Diseño

Alcanzar las adecuadas velocidades vehiculares a través de la rotonda es el objetivo más crítico de diseño. Los estudios internacionales muestran que el incremento de la curvatura de la trayectoria del vehículo disminuye la velocidad relativa ente los vehículos que entran y circulan y, así, usualmente resulta en menores índices de choques de los vehículos que entran-circulan y salen-circulan.

#### 4.2.2 Relación Velocidad - Curva

La relación entre la velocidad de viaje y la curvatura horizontal está documentada en el Libro Verde de AASHTO. Puede usarse la siguiente ecuación para calcular la velocidad de diseño de un dado radio de trayectoria de viaje<sup>17</sup>.

$$V = \sqrt{127R (e + f)}$$

donde:

$V$  = Velocidad diseño, km/h

$R$  = Radio, m

$e$  = peralte, m/m

$f$  = factor fricción lateral

Usualmente, los valores del peralte se suponen ser +2% para las curvas de entrada y salida, y -2% para las curvas alrededor de la isleta central. En lo que respecta al factor de fricción lateral entre los neumáticos de un vehículo y el pavimento varía con la velocidad del vehículo.

---

<sup>17</sup> La relación entre la velocidad de viaje y la curvatura horizontal está documentada en el Libro Verde de American Association of State Highway and Transportation Officials - AASHTO

Por cada aproximación deben chequearse cinco radios de trayectoria críticos:

**R1** radio de trayectoria de entrada, radio mínimo en la trayectoria más veloz antes de la línea ceda-el-paso.

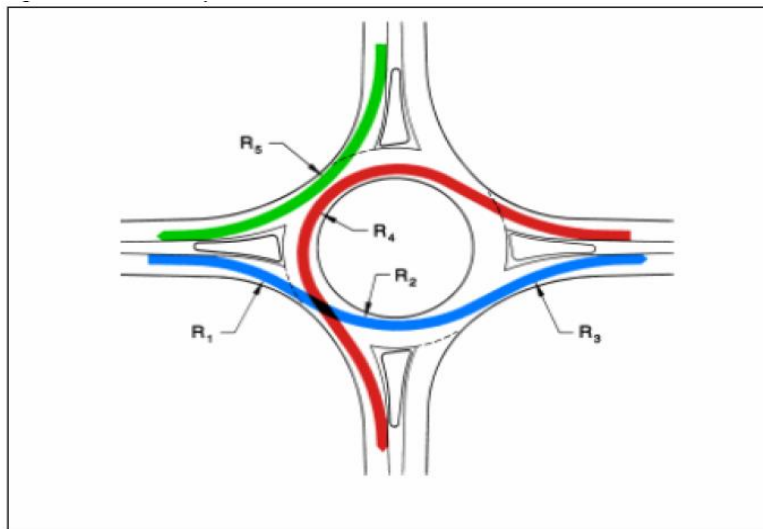
**R2** radio de la trayectoria de circulación, radio mínimo en la trayectoria más veloz alrededor de la isleta central.

**R3** radio de trayectoria de salida, radio mínimo en la trayectoria más veloz a la salida.

**R4** radio de trayectoria de giro-izquierda, radio mínimo en la trayectoria del conflictivo movimiento de giro-izquierda.

**R5** radio de giro-derecha, radio mínimo en la trayectoria más veloz de un vehículo que gira a la derecha.

**Figura 8:** Radios de Trayectoria Vehicular<sup>18</sup>



Es importante notar que estos radios de trayectorias vehiculares no son iguales a los radios de cordón. Primero se traza la geometría básica del cordón, y luego se dibujan las trayectorias vehiculares.

---

<sup>18</sup> Capítulo 6: Diseño Geométrico de Rotondas Modernas, FHWA-junio 2000.

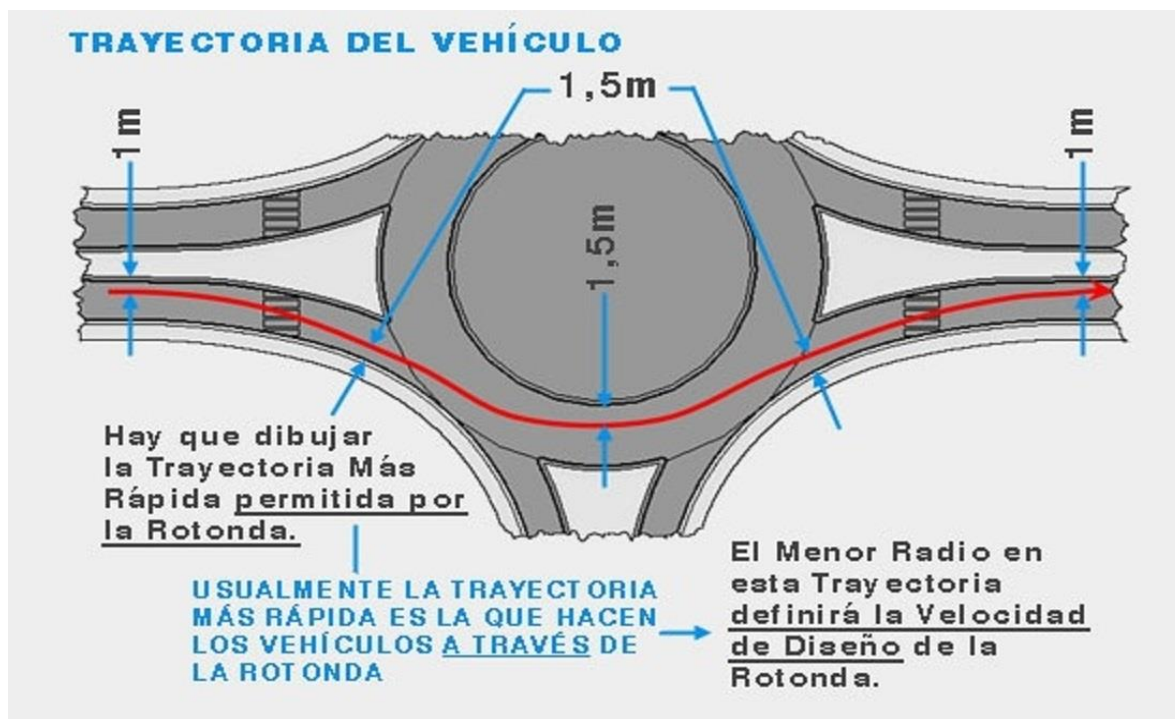


#### 4.2.3. Vehículo de Diseño

Otro factor importante que determina el trazado de una rotonda es la necesidad de acomodar el vehículo más grande que probablemente use la intersección. Los requerimientos de la trayectoria de giro de este vehículo, designado en adelante *vehículo de diseño*, dictarán muchas de las dimensiones de la rotonda.

La elección del vehículo de diseño variará según los tipos de calzadas de aproximación, y las características del uso de la tierra circundante. El Libro Verde de AASHTO da los requerimientos de dimensiones y radios de giro de una variedad de vehículos viales comunes. Comúnmente, los vehículos WB-15 son los más grandes a lo largo de caminos colectores y arteriales. A menudo, los vehículos de diseño más pequeños se eligen para intersecciones de calles locales.

**Figura 9: Trayectoria Vehicular<sup>19</sup>**



<sup>19</sup> Capítulo 6: Diseño Geométrico de Rotondas Modernas, FHWA-junio 2000.

#### 4.2.4. Vehículo no motorizado de Diseño

Como el vehículo motorizado de diseño, el criterio de los potenciales usuarios no motorizados de las rotondas (ciclistas, peatones, patinadores, usuarios de sillas de ruedas, cochecitos de niños, etc.) deben considerarse al desarrollar muchos elementos geométricos de un diseño de rotonda. Estos usuarios comprenden un amplio rango de edades y aptitudes que pueden tener un efecto significativo sobre el diseño de una vía.

**Tabla 5:** Dimensiones clave de usuarios de diseño no-motorizados.<sup>20</sup>

Usuario	Dimensión	Características Rotonda Afectada
Bicicletas	1.8 m	Ancho isleta partidora en cruce
Longitud	1.5 m	peatonal
Ancho mínimo operación	0.6 m	Ancho carril ciclista
Separación lateral cada lado	1.0 m a obstrucciones	Ancho senda compartida bicicleta-peatón
Peatón (caminando)	0.5 m	Anchos vereda y cruce peatonal
Ancho		
Silla-de-ruedas	0.75 m	Anchos vereda y cruce peatonal
Ancho mínimo	0.90 m	Anchos vereda y cruce peatonal
Ancho operación		
Persona empujando cochecito	1.70 m	Ancho isleta partidora en cruce peatonal
Longitud		
Patinadores	1.80 m	Ancho Vereda
Ancho típico operación		

#### 4.1.5. Alineamiento de Aproximaciones y entradas

En general, la rotonda está óptimamente ubicada cuando las líneas de eje de todos los ramales de aproximación pasan a través del centro del círculo inscrito. Usualmente, esta ubicación permite diseñar adecuadamente la geometría de modo que los vehículos mantengan velocidades bajas a través de las entradas y las

---

<sup>20</sup> Rotondas Modernas: Guía Informativa FHWA – junio 2000

salidas. El alineamiento radial también hace más conspicua a la isleta central a los conductores que se acercan.

Si no es posible alinear los ramales a través del punto central, un ligero desplazamiento a la izquierda (es decir, la línea central pasa a la izquierda del punto central de la rotonda) es aceptable.

**Figura 10: Alineamiento Radial de las Entradas<sup>21</sup>**



---

<sup>21</sup> Capítulo 6: Diseño Geométrico de Rotondas Modernas, FHWA-junio 2000

## **CAPITULO V: METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN ROTONDAS**

Existen básicamente dos tipos de métodos, los que tratan de establecer los parámetros de forma empírica y los que intentan hacerlo a través de distintos modelos teóricos tipo probabilísticos.

Para este análisis se utilizará el método emperico TRRL (Transport Road and Research Laboratory) institución mayor investigadora en el campo del cálculo de las capacidades en Glorietas o intersecciones giratorias como comúnmente se conoce en varios pases.

### 5.1. Fórmula Unificada de Kimber para el Cálculo de la Capacidad

Kimber aglutina la experiencia de muchos años de ensayos realizados por el TRRL en Gran Bretaña y propone una fórmula unificada para el cálculo de la capacidad en las entradas de una rotonda.

La fórmula de Kimber es una expresión lineal que permite calcular la capacidad de una entrada en función de su geometría y del tráfico circulante en frente de dicha entrada:

$$C = K(F - f_c Q_c) \frac{Veh}{h} \quad \text{Ecuación 4 - 1}$$

$Q_c$  es el tráfico circulante y viene determinado por los conteos de tráfico (o por prognosis o previsiones de tráfico) mientras que  $F$  y  $f_c$  son constantes dependientes de la geometría y  $K$  un factor de corrección para tener en cuenta los valores del radio y del ángulo de entrada  $\phi$ .

$$K = 1 - 0.00347 (\phi - 30^\circ) - 0.978 \left( \frac{1}{r} - 0.05 \right) \quad \text{Ecuación 4 - 2}$$

$$F = 303x \quad \text{Ecuación 4 - 3}$$

$$f_c = 0.21t_D(1 + 0.2 X_s) \quad \text{Ecuación 4 - 4}$$

Con:

$$X = v + \left( \frac{e - v}{1 - 2S} \right) \quad \text{Ecuación 4 - 5}$$

$$S = v + \frac{e - v}{l} \quad \text{Ecuación 4 - 6}$$

$$t_D = 1 + \frac{0.5}{(1 + m)} \quad \text{Ecuación 4 - 7}$$

$$m = e^{\frac{D-60}{10}} \quad \text{Ecuación 4 - 8}$$

Se puede resumir en una ecuación simplificada:

$$C = 303x - 0.21t_D(1 - 0.2x) * Q_c \quad \text{Ecuación 4 - 9}$$

La mayoría de los ensayos efectuados por el TRRL<sup>22</sup> se realizaron en rotondas con radios de entrada muy próximos a los 20 m y ángulos de entrada cercanos a los 30°.

Dónde **e** representa el ancho de la entrada, **r** el radio de la entrada, **v** el ancho de la vía antes del abocinamiento de la entrada y **D** el diámetro del círculo inscrito en la rotonda (diámetro exterior). Kimber reagrupa las características geométricas en cuatro categorías según la importancia de los efectos que sus variaciones producen sobre la capacidad de una entrada:

---

<sup>22</sup> TRL fue establecido originalmente en 1933 por el Gobierno del Reino Unido como el Laboratorio de Investigación de Carreteras (RRL), bajo el Departamento de Investigación Científica e Industrial (DSIR), y más tarde se convirtió en el transporte y Road Research Laboratory (TRRL) en 1972.

- ✓ Parámetros más influyentes: anchura de la entrada y las características del abocinamiento<sup>23</sup> (S).
- ✓ Parámetros medianamente influyentes: el diámetro del círculo inscrito (D).
- ✓ Parámetros poco influyentes: el ángulo de entrada ( $\phi$ ) y el radio de la entrada
- ✓ Parámetros sin influencia apreciable: el ancho del anillo de circulación (u) y la anchura de la sección de trenzado (w).

## 5.2 Visibilidad de Rotonda

Para el cálculo de la distancia de Visibilidad de Rotonda esta se relaciona con el diámetro del círculo inscrito, así como se muestra en el siguiente cuadro:

**Tabla 6:** Distancia de Visibilidad de Parada<sup>24</sup>

Distancia de Visibilidad de Parada					Distancia de Visibilidad a la hacia la Izquierda en la Entrada	
Velocidad de Diseño (km/h)					Diámetro Inscrito (m)	Distancia Visibilidad (m)
50	60	70	85	100		
Mínima Deseable en Metros (m)						
70	95	120	165	225		
Mínima Absoluta (m)					60-100	50
50	70	95	125	165	> 100	60

<sup>23</sup> Muy frecuentemente las intersecciones a nivel tienen carriles exclusivos de giro a la derecha o a la izquierda, con el fin de aumentar la capacidad de la intersección y para evitar el bloqueo de otros vehículos por aquellos que están en espera. Esto es conocido en España como abocinamiento porque es un ensanchamiento de la sección regular de la vía al llegar a la intersección que se asemeja a una bocina.

<sup>24</sup> Fuente: SIECA, Capítulo No. 5 Intersecciones a Nivel de las Carreteras

## **CAPÍTULO VI: LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN DE LA INTERSECCIÓN HOSPITAL DEL NIÑO**



En este capítulo se presentan todos los levantamientos realizados, desde los levantamientos topográficos de intersecciones, condiciones semaforicas, conteos de tráfico hasta los parámetros que intervienen en el análisis operacional de intersecciones semaforizadas, lo cual se resume a continuación:

## 6.1 Levantamiento Topográfico de la Intersección<sup>25</sup>

Para realizar el diseño se utilizó información proporcionada por Alcaldía de Managua la cual proporciono el levantamiento topográfico y planimétrico del sector y se complementó con la visita de campo para medir el ancho de los accesos.

En el siguiente cuadro se muestran los puntos y BM que se utilizó.

**Tabla 7:** Detalle de las Coordenadas y Elevaciones de la topografía de la Intersección Hospital del Niño

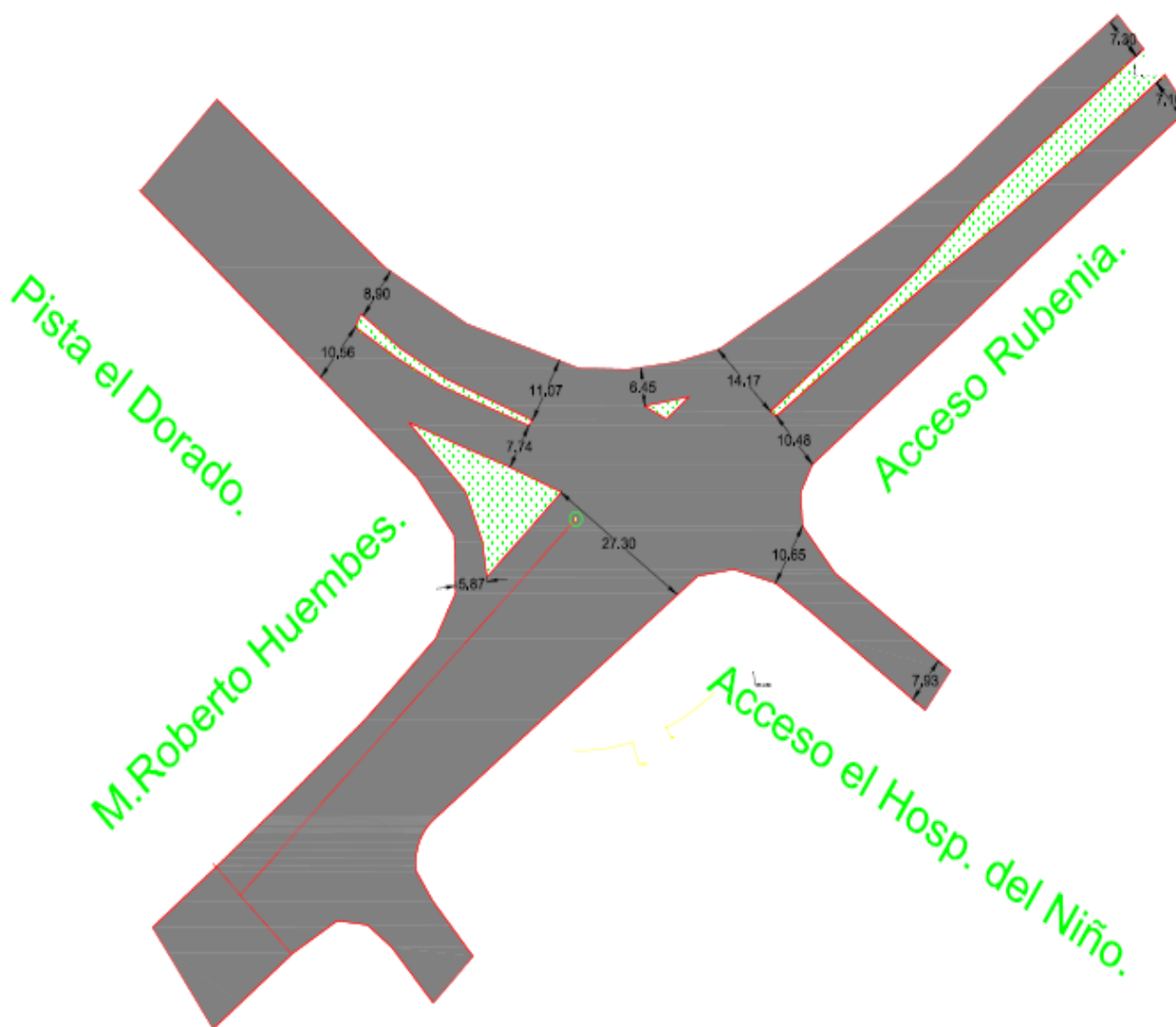
Coordenadas UTM UTM-WGS 1984 datum, Zone 16 North, Meter; Cent. Meridian 87d W				
Número	Norte (m)	Este (m)	Elevación (m)	Descripción
5	1340508.427	582742.439	128.929	TN
6	1340506.161	582746.957	128.979	TN
7	1340501.421	582757.417	129.094	TN
8	1340490.949	582774.508	129.294	TN
9	1340481.412	582792.913	129.5	TN
10	1340478.292	582798.874	129.567	TN
13	1340490.949	582774.508	129.294	TN
14	1340493.446	582770.432	129.246	TN
15	1340497.134	582764.413	129.176	TN
16	1340489.596	582776.717	129.32	TN
17	1340501.421	582757.417	129.094	TN
18	1340492.104	582772.624	129.272	TN
19	1340492.777	582771.524	129.259	TN
20	1340489.778	582736.933	128.979	TN
21	1340487.022	582741.793	129.035	TN

<sup>25</sup> Los datos del levantamiento topográfico fueron facilitados por la Alcandía de Managua. La realización del esquema para fines de presentación fue elaborada por los autores de este documento.

Coordenadas UTM UTM-WGS 1984 datum, Zone 16 North, Meter; Cent. Meridian 87d W				
Número	Norte (m)	Este (m)	Elevación (m)	Descripción
22	1340484.853	582746.287	129.09	TN
23	1340480.948	582752.039	129.16	TN
24	1340477.043	582757.791	129.229	TN
25	1340473.138	582763.544	129.299	TN
26	1340469.542	582768.988	129.364	TN
27	1340465.947	582774.432	129.43	TN
28	1340462.351	582779.876	129.495	TN
29	1340458.756	582785.32	129.56	TN
30	1340455.16	582790.764	129.625	TN
32	1340569.574	582607.334	127.339	TN
33	1340569.68	582601.489	127.211	TN
34	1340569.787	582595.644	127.082	TN
35	1340571.485	582592.947	126.954	TN
36	1340573.746	582590.025	126.825	TN
37	1340576.486	582586.61	126.696	TN
38	1340579.245	582582.936	126.568	TN
39	1340583.178	582578.332	126.439	TN
40	1340587.38	582574.216	126.31	TN
41	1340590.148	582569.9	126.182	TN
42	1340593.545	582566.994	126.053	TN
43	1340597.024	582561.645	125.925	TN
44	1340601.203	582554.961	125.796	TN
45	1340587.382	582619.862	127.373	TN
46	1340590.44	582616.081	127.266	TN
47	1340593.498	582612.299	127.159	TN
48	1340596.556	582608.518	127.052	TN
49	1340599.614	582604.736	126.945	TN
50	1340602.672	582600.955	126.838	TN
51	1340605.73	582597.173	126.731	TN
52	1340608.788	582593.392	126.624	TN
53	1340611.845	582589.61	126.517	TN
54	1340614.903	582585.829	126.41	TN
55	1340617.961	582582.047	126.303	TN
56	1340621.019	582578.266	126.196	TN
57	1340624.077	582574.484	126.089	TN
58	1340593.235	582768.435	127.052	LIN
59	1340620.739	582757.831	126.624	PT
60	1340607.141	582762.955	127.266	POSTE
61	1340557.601	582684.467	128.164	ISLA
62	1340553.764	582679.948	128.293	ISLA

Coordenadas UTM UTM-WGS 1984 datum, Zone 16 North, Meter; Cent. Meridian 87d W				
Número	Norte (m)	Este (m)	Elevación (m)	Descripción
63	1340555.977	582675.976	128.166	ISLA
64	1340555.332	582679.85	128.39	SEMAFORO
65	1340527.915	582689.623	128.718	SEMAFORO
66	1340526.307	582693.585	128.718	LIN

**Figura 11:** Gráfica del Levantamiento Topográfico



## 6.2 Fases de los Semáforos

Estos datos fueron levantados en el punto donde se encuentra la Intersección, se utilizó la ayuda de un cronómetro, realizando el levantamiento de la siguiente manera: primero se ubicó frente al semáforo con el cronómetro en cero, segundo se inició el conteo cuando empieza a transcurrir el tiempo en verde, amarillo y Rojo, es importante mencionar esto pasos se repitieron un total de 5 veces, de cuyos resultados se sacó un promedio. Este procedimiento se realizó para cada sentido de los flujos.

**Tabla 8:** Fases de los Semáforos

Tiempo en Segundos				
Acceso	Verde	Amarillo	Rojo	Ciclo
Rubenia	50	3	70	123
El Dorado	40	3	100	143
Hosp. Niño	40	3	100	143
Huembes	50	3	70	123

Fuente propia, Realizada mediante un levantamiento en el sitio en estudio.

## 6.3 Volumen de Tráfico Diario

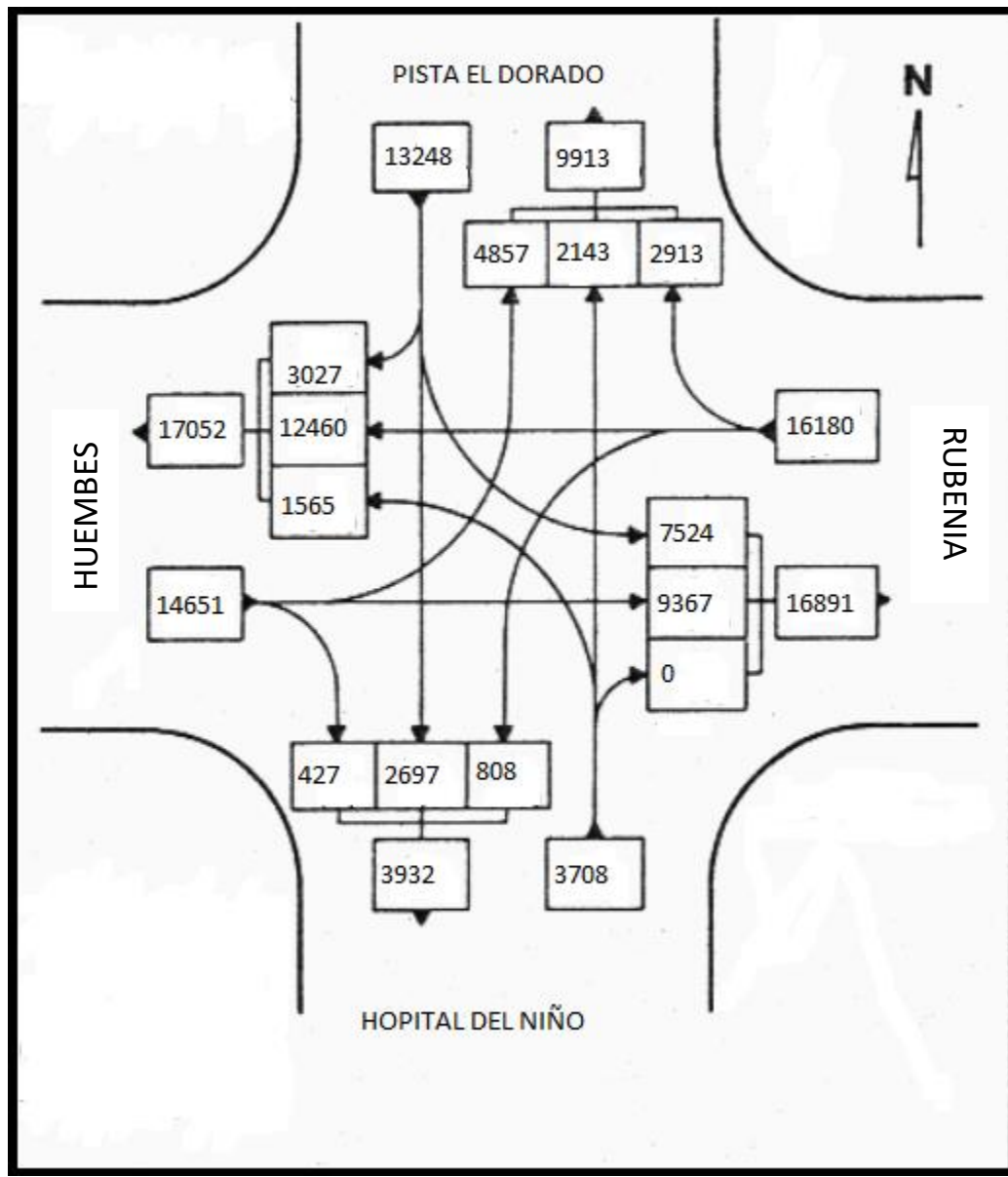
Este importante dato se obtuvo mediante aforos Vehiculares realizados por tres días, los cuales fueron lunes jueves y viernes, en un rango de 12 horas por días, que constaron de las 7:00 am a las 7:00 pm.

**Tabla 9:** Volumen de Tráfico por 12 horas

Vehículos por 12 horas				
Movimiento	Dorado	Hosp. Niño	Rubenia	Huembes
De Frente	2697	2143	12460	9367
G. Izquierdo	7524	1565	807	4857
G Derecho	3027	-	2913	427
Total, de Vehículos	13248	3708	16180	14651

Fuente propia, Realizada mediante un levantamiento en el sitio de estudio, durante tres (3) días.

**Figura 12:** Distribución de Movimientos vehiculares de la Intersección Hospital del Niño en 12 horas<sup>26</sup>



<sup>26</sup> Capítulo 6: Diseño Geométrico de Rotondas Modernas, FHWA-junio 2000

Para estimar el valor del TPD correspondiente a los datos obtenidos de los conteos de corta duración, como es este el caso, se utilizará el factor de ajuste propuesto por el Ministerio de Transporte e Infraestructura, establecido en el Anuario de Aforos de Tráfico, año 2016.

De los estudios a los tramos que ha realizado el Ministerio de Transporte e Infraestructura, aun no se cuenta con uno en el cual se encuentre la intersección en estudio, por tal razón se ha tomado como referencia el estudio de la estación más cercana la cual es *La Rotonda Centroamérica hacia La Rotonda Jean Paul Genie*, la cual está incluida en la estación 401 Masaya Granada de mayor cobertura y tomando como referencia los factores correspondiente al primer trimestre del año (Enero-Marzo) dado que el conteo vehicular se realizó en el mes de enero:

**Tabla 10:** Volumen de Tráfico Diario

Vehículos Diario (Utilizando los Factores de Expansión)				
Movimiento	Dorado	Hosp. Niño	Rubenia	Huembes
De Frente	3625	2930	17097	12678
G. Izquierdo	10332	2210	1110	6641
G Derecho	4328	-	3998	80
Total de Vehículos	18285	5140	22205	20160

Fuente propia, Realizada mediante un levantamiento en el sitio de estudio, durante tres (3) días.

#### 6.4 Volumen de Tránsito Obtenidos en la Hora Pico

Una vez obtenido el Volumen de Tránsito Diurno se prosiguió a identificar los volúmenes de la hora Pico los cuales rondan en horario de 7:00am a 8:00am y de 5:00pm a 6:00 pm, los cuales se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 11:** Volumen de Tráfico Horario de Máxima Demanda

Vehículos por Hora				
Movimiento	Dorado	Hosp. Niño	Rubenia	Huembes
De Frente	264	239	2083	965
G. Izquierdo	854	213	95	438
G Derecho	458	-	369	40
Total de Vehículos	1576	452	2547	1443

Fuente propia, Realizada mediante un levantamiento en el sitio de estudio, durante tres (3) días.

Como se puede observar no se ha tomado en consideración el giro hacia la derecha proveniente del Hospital del Niño, ya que la cantidad de vehículos que hacen uso de este giro son muy pocos, analizando esta situación se puede decir que esto se justifica con la existencia de una vía alterna con dirección hacia Rubenia, la cual atraviesa por la Colonia 14 de septiembre.

## **6.6 Rutas Alternas**

Mediante la aplicación de Google Maps se pudo verificar la existencia o no de vías alternas, cabe resaltar que estas rutas fueron verificadas mediante un recorrido con los datos obtenidos.<sup>27</sup>

En lo que respecta al cruce del Huembes-Rubenia se observaron 2 alternativas:

1. Realizar el cruce sin tener que atravesar la intersección entrando cuadras antes de llegar a ella y bordear por la parte trasera el Hospital del Niño, esto conllevaría recorrer 2 km.<sup>28</sup>
2. Entrar cuadras antes de llegar a los semáforos, atravesar el acceso principal del Hospital del Niño para poder ingresar al barrio 14 de septiembre y salir nuevamente a la pista en la parada del mismo nombre.<sup>29</sup>

En el cruce de Rubenia al Mercado Roberto Huembes, no se obtuvo ninguna ruta alterna que pudiera ser factible para cruzar a la zona del Barrio La Fuente sin atravesar por la intersección analizada. Para acceder a la pista hacia El Dorado si existe alternativa que evite dicha intersección.<sup>30</sup>

---

<sup>27</sup> Ver Anexo 2, Figura-16: Ruta atravesando la Intersección.

<sup>28</sup> Ver Anexo 2, Figura-17: Alternativa 1 cruce del Mercado Roberto Huembes a Rubenia.

<sup>29</sup> Ver Anexo 2, Figura-18: Cruce del Mercado Roberto Huembes a Rubenia.

<sup>30</sup> Ver Anexo 2, Figura-19: Cruce de Rubenia al Mercado Roberto Huembes.

## **CAPÍTULO VII: PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS**



## 7.1 Intersección Actual

A continuación, se encuentran reflejados todos los resultados de los cálculos realizados, siguiendo los pasos del método operacional que describe en el HCM.

### 7.1.1 Distribución de los grupos de carriles<sup>31</sup>

Tomando los datos obtenidos del levantamiento en campo de los aforos vehiculares reflejados en la tabla 9 Volumen de Tráfico Diario, se procede a realizar la agrupación de carriles a como sigue:

**Tabla 12: Agrupación de Carriles**

	El Dorado	Hospital del Niño	Rubenia	Mercado Roberto Huembes
VI (Volumen actual de Vuelta a la Izquierda)	10332	2210	1110	6641
Va (Volumen actual en el Acceso)	18285	5140	22205	20160
N (No. de Carriles de Salida)	2	1	3	3
$Va-Vi/N-1$	7953	No se contempla	10548	6760
Flujo promedio de los carriles (Vehículos/día)	9143	5140	7402	6720

Fuente propia.

En lo que respecta al flujo de Rubenia que ingresa hacia el hospital del Niño, al realizar la operación matemática no se define, ya que el número de carril para acceder al Hospital del Niño es uno, y esto no es contemplado para el análisis de este tipo de intersección, es decir con la cantidad de vehículos circulantes, la demanda es tal que este tipo de intersección deberá sufrir cambios sustanciales para mejorar la circulación.

---

<sup>31</sup> Los resultados se obtuvieron empleando las ecuaciones 3-1 y 3-2 del capítulo III descritos en este documento  
pág. 54

Como se puede observar (Tabla 12) en el cálculo el flujo de vuelta a la izquierda en el carril de extremo izquierdo, es mayor que el flujo promedio del carril proveniente de El Dorado, por lo que se concluye que este carril debe actuar exclusivamente de vuelta a la izquierda en un grupo de carriles separado.

En lo que respecta al flujo proveniente del Mercado Roberto Huembes se puede considerar que, está a punto de sufrir la misma situación presentada por el flujo proveniente de El Dorado, sin embargo, se considera aceptable decir que este carril debe actuar exclusivamente de vuelta a la izquierda en un grupo de carriles separado ya que pronto será superado.

Situación particular ocurre en el flujo proveniente de Rubenia, en el cual según los cálculos este puede compartir el carril izquierdo y todo el acceso puede suponerse en un grupo de carriles simple.

Un estudio reciente de la FHWA encontró que la adición de un carril de giro-izquierda puede resultar en una reducción de los choques de 7 a 48%. Se presentan algunas funciones de los carriles exclusivos de giro-izquierda son:

- ✓ Reducir el número de conflictos y choques;
- ✓ Separar los tránsitos directos y de giro; administrar las colas;
- ✓ Disminuir demoras y aumentar la capacidad;
- ✓ Flexibilizar los efectos operacionales de los giros-izquierda directos; y
- ✓ Dar un área a los vehículos de giro-izquierda para desacelerar fuera del carril de tránsito directo.

### 7.1.2 Factor de Hora de Máxima Demanda por Acceso<sup>32</sup>

**Tabla 13:** Factor Horario de Máxima Demanda

FHMD por Acceso				
	El Dorado	Hospital de Niño	Rubenia	Mercado Roberto Huembes
Volumen Horario Máxima Demanda	1576	452	2547	1443
I15 min	456	139	670	367
No. De Intervalo en 1hr	4	4	4	4
FHMD	0.86	0.81	0.95	0.98

Fuente propia.

El FHMD en autopista varia usualmente entre 0.70 y 0.95, en intersecciones varía alrededor de 0.85. Se hace notar que cuando el FHMD se acerca a la unidad el flujo del tránsito tiende a ser uniforme. Según los resultados presentados en la tabla 12 el tránsito circulante por la intersección en estudio es uniforme lo que se lleva a concluir que la demanda vehicular es mayor que la oferta vial, por lo que el flujo es forzado, presentándose detenciones frecuentes y grandes demoras.

### 7.1.3 Cálculo de la tasa de flujo por acceso<sup>33</sup>

Tomando de la Tabla 10 el dato Volumen de Tráfico Horario de Máxima Demanda para el cálculo de la tasa del flujo de saturación por acceso, se obtiene:

**Tabla 14:** Tasa de Flujo por Acceso

Vehículos por hora				
	El Dorado	Hospital de Niño	Rubenia	Mercado Roberto Huembes
VHMD por sentido (v)	1409	452	2547	1443
FHMD	0.86	0.81	0.95	0.98
Volumen ajustado (Vp)	1833	558	2681	1472

Fuente propia.

<sup>32</sup> Los resultados se obtuvieron empleando las ecuaciones 3-3a del capítulo III descritos en este documento

<sup>33</sup> Los resultados se obtuvieron empleando las ecuaciones 3-3 del capítulo III descritos en este documento

#### 7.1.4 Determinación de la Tasa del Flujo de Saturación<sup>34</sup>

El concepto de flujo de saturación o de una tasa de flujo de saturación se usa para determinar la capacidad de un grupo de carriles. La tasa de flujo de saturación es la tasa máxima de flujo que puede atravesar la intersección desde un acceso o en el grupo de carriles, bajo las condiciones prevalecientes de tránsito y de la vía, cuando se dispone del cien por ciento del tiempo efectivo de luz verde. La tasa de flujo de saturación está dada en unidades de vehículos/hora

Para esta investigación se supone una Tasa de Saturación base  $s_0 = 1,900$  vehículos por hora, igual como lo establece el HCM.

Si observamos detenidamente la tabla 17 y tabla 18, correspondiente a la presentación de resultados de Tasa de flujo de saturación provenientes de Rubenia y Mercado Roberto Huembes respectivamente, se toma en cuenta tres carriles por cada acceso<sup>35</sup>, si bien ahora la intersección cuenta con tres carriles, sin que uno de ellos sea de abocinamiento se tienen los siguientes inconvenientes:

- ✓ El carril izquierdo actualmente está siendo utilizado como parqueo de furgones, esto debido a los establecimientos comerciales prevalecientes en la zona de estudio, tales como ferretería, vulcanizadora, puestos de comida, bares, el mercado Roberto Huembes, entre otros
- ✓ No más de 80 metros de la intersección se han establecido parada de buses y el porcentaje de este tipo de transporte urbano colectivo sigue en constante aumento.

---

<sup>34</sup> Los resultados se obtuvieron empleando las ecuaciones 3-4 del capítulo III descritos en este documento

<sup>35</sup> El abocinamiento para giros a la izquierda es considerado un carril más.

- ✓ La parada de los buses y parqueo en general de otros vehículos afecta el flujo continuo de los otros dos carriles, ya que estos al momento de querer integrarse al flujo no pueden hacerlo por el carril que ocupan, sino con la invasión del carril de en medio, por lo que también limita el ingreso del flujo de la banda derecha al carril de en medio, por la constante ceda el paso que los vehículos de medio brindan a los de carril izquierdo.

El resultado de los cálculos se presenta en las siguientes tablas:

**Tabla 15:** Tasa de Flujo de Saturación proveniente de El Dorado

El Dorado	
Flujo de Saturación por base de Carril (So) Veh/Hora	1900
Número de carriles por acceso (N)	2
Corrección por ancho de Carril (Fw)	0.989
Vehículos Pesados (FHV)	0.899
Pendientes (Fg)	0.996
Estacionamiento (Fp)	0.905
Bloqueo de Buses (Fbb)	0.940
Tipo de área (Fa)	0.900
Vuelta a la Izquierda (FLT)	0.950
Vuelta a la Derecha (FRT)	0.850
Vehículos/hora verde (Si)	2081

Fuente propia.

**Tabla 16:** Tasa de Flujo de Saturación proveniente de Hospital del Niño

Hospital del Niño	
Flujo de Saturación por base de Carril (So) Veh/Hora	1900
Número de carriles por acceso (N)	1
Corrección por ancho de Carril (Fw)	0.989
Vehículos Pesados (FHV)	0.826
Pendientes (Fg)	1.006
Estacionamiento (Fp)	0.810
Bloqueo de Buses (Fbb)	0.880
Tipo de área (Fa)	0.900
Vuelta a la Izquierda (FLT)	0.950
Vuelta a la Derecha (FRT)	-
Vehículos/hora verde (Si)	952

Fuente propia.

**Tabla 17:** Tasa de Flujo de Saturación proveniente de Rubenia

Rubenia	
Flujo de Saturación por base de Carril (So) Veh/Hora	1900
Número de carriles por acceso (N)	3
Corrección por ancho de Carril (Fw)	1.006
Vehículos Pesados (FHV)	0.799
Pendientes (Fg)	1.010
Estacionamiento (Fp)	0.937
Bloqueo de Buses (Fbb)	0.960
Tipo de área (Fa)	0.900
Vuelta a la Izquierda (FLT)	0.950
Vuelta a la Derecha (FRT)	0.850
Vehículos/hora verde (Si)	3022

Fuente propia.

**Tabla 18:** Tasa de Flujo de Saturación proveniente de Mercado Roberto Huembes

Mercado Roberto Huembes	
Flujo de Saturación por base de Carril (So) Veh/Hora	1900
Número de carriles por acceso (N)	3
Corrección por ancho de Carril (Fw)	1.006
Vehículos Pesados (FHV)	0.856
Pendientes (Fg)	0.980
Estacionamiento (Fp)	0.937
Bloqueo de Buses (Fbb)	0.960
Tipo de área (Fa)	0.900
Vuelta a la Izquierda (FLT)	0.950
Vuelta a la Derecha (FRT)	0.850
Vehículos/hora verde (Si)	3143

Fuente propia.

### 7.1.5 Determinación de la Capacidad<sup>36</sup>

La capacidad de una vía está determinada por una serie de variables que dependen de las características físicas de la sección, las del tráfico y las regulaciones de la circulación.

<sup>36</sup> Los resultados se obtuvieron empleando las ecuaciones 3-5 del capítulo III descritos en este documento

Por consiguiente, dentro de la ingeniería de tráfico se han desarrollado una serie de métodos que permiten el cálculo de dicha capacidad, teniendo en cuenta las características del entorno y la circulación. Estos métodos se basan fundamentalmente en datos empíricos, ya que las complejas condiciones de la circulación no han permitido el desarrollo de modelos teóricos generales que puedan aplicarse en la práctica.

**Tabla 19:** Capacidad por Acceso

(Vehículos/horas)				
	El Dorado	Hospital de Niño	Rubenia	Mercado Roberto Huembes
Tiempo de verde efectivo para el grupo de carril gi (Segundos)	40	40	50	50
Ciclo del semáforo C (Segundos)	143	143	123	123
Relación del verde Efectivo para el grupo de carril i (gi/C)	0.280	0.280	0.407	0.407
Si (Vehículos/hora)	2081	952	3022	3143
Capacidad (Vehículos/hora)	582	266	1228	1278

Fuente propia.

### 7.1.6 Determinación del grado de saturación<sup>37</sup>

El grado de saturación es el cociente de la tasa verdadera de flujo o la demanda  $V_i$  para un acceso o un grupo de carriles, entre la capacidad:

**Tabla 20:** Grado de Saturación por Grupo de Carril

	El Dorado	Hospital de Niño	Rubenia	Mercado Roberto Huembes
Capacidad (Vehículos/hora)	582	266	1228	1278
$V_i$ (Vehículos/hora)	1576	452	2547	1443
$X_i$ Relación $V_i$ /Capacidad	2.71	1.70	2.07	1.13

Fuente propia.

<sup>37</sup> Los resultados se obtuvieron empleando las ecuaciones 3-6 del capítulo III descritos en este documento

### 7.1.7 Determinación de la Demora<sup>38</sup>

**Tabla 21:** Resultados de Cálculo del Tiempo de Demora

Demora (Segundo)				
	El Dorado	Hospital de Niño	Rubenía	Mercado Roberto Huembes
Tiempo En verde (Segundos)	40	40	50	50
Tiempo del Ciclo (Segundos)	143	143	123	123
Factor de verde del grupo de Carril (Fv)	0.280	0.280	0.407	0.407
Tasa de Flujo por Acceso (Vp)	1833	558	2681	1472
Capacidad Real del Grupo de Carriles (Vehículos/hora)	582	266	1228	1278
Demora (Segundos)	4469	1092	1805	219

Fuente propia.

Los resultados arrojados nos indican demoras excesivas de 1:14 minutos para el Dorado, 18 minutos para el Hospital del niño, 30 minutos Rubenia y 4 minutos para el flujo proveniente del Mercado Roberto Huembes.

### 7.1.8 Determinación del Nivel de Servicio

Como se pudo observar en el cálculo de las demoras de cada ramal de la intersección, los tiempos superan los 80 segundos que establece el HCM para el nivel F, por lo cual se determina claramente que el nivel de servicio de la intersección es el F.

Un nivel de servicio F establece que los flujos de llegada exceden la capacidad de los accesos de la intersección, lo que ocasiona congestionamiento y operación saturada.

---

<sup>38</sup> Los resultados se obtuvieron empleando las ecuaciones 3-8 del capítulo III descritos en este documento



### **7.1.9 Determinación del índice de Accidentalidad en la Intersección Hospital del Niño.**

El índice de accidentalidad es un factor el cual se debe tomar en cuenta, ya que repeticiones de accidentes en una intersección puede justificar un mejor acondicionamiento o rediseño como es este caso.

Según Policía Nacional en los últimos cinco (5) años revelan que en el año 2011 se produjeron sesenta y nueve accidentes (69); en el 2012 ciento siete (107) en el 2013 noventa y uno (91); 2014 noventa y tres (93) y en el año 2015 ciento nueve (109)<sup>39</sup>. El número de accidentes antes mencionados en su gran mayoría son causados por los siguientes motivos:

1. No respetar las señales de Tránsito en un 35 por ciento,
2. Falta de Cortesía en un 20 por ciento,
3. Sofocación por querer avanzar en la fila de vehículos en un 19 por ciento,
4. Cruce impudente de un carril a otro en un 17 por ciento,
5. Impudencia peatonal 09 por ciento.

### **7.2 Intersección Propuesta**

Tomando en consideración los resultados el análisis del funcionamiento de la intersección actual, aspectos económicos y criterios descritos en el Manual de Normas para el Diseño de las carreteras Regionales, la intersección que se recomienda es una rotonda dado los siguientes aspectos:

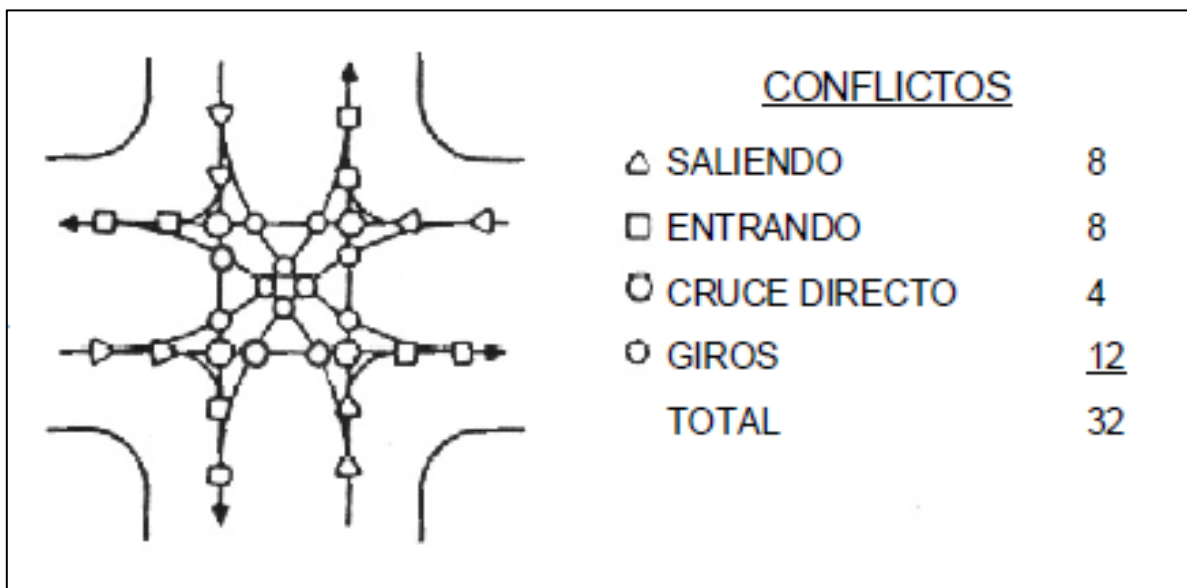
- ✓ Las rotondas son aplicables cuando los volúmenes de tránsito que llegan a la intersección alcanzan los 60,000 v/día o bien 6,000 v/hrs en la hora punta

---

<sup>39</sup> Información facilitada por el departamento de Ingeniera de Tránsito de la Policía Nacional.

- ✓ Para ayudar a reducir la tasa de accidentes ya que las rotondas cuentan con 8 puntos de conflictos y las intersecciones de cuatro ramales poseen 32 puntos de conflicto.
- ✓ Se recomiendan cuando existe una sucesión de paso a desnivel preestablecido.
- ✓ Para atender todo tipo de maniobra.
- ✓ Convierte los movimientos del tráfico en ordenado y Fluido.
- ✓ Cuando las demoras sobre pasan los límites y no se cumple el nivel de servicio en intersecciones semaforizadas.

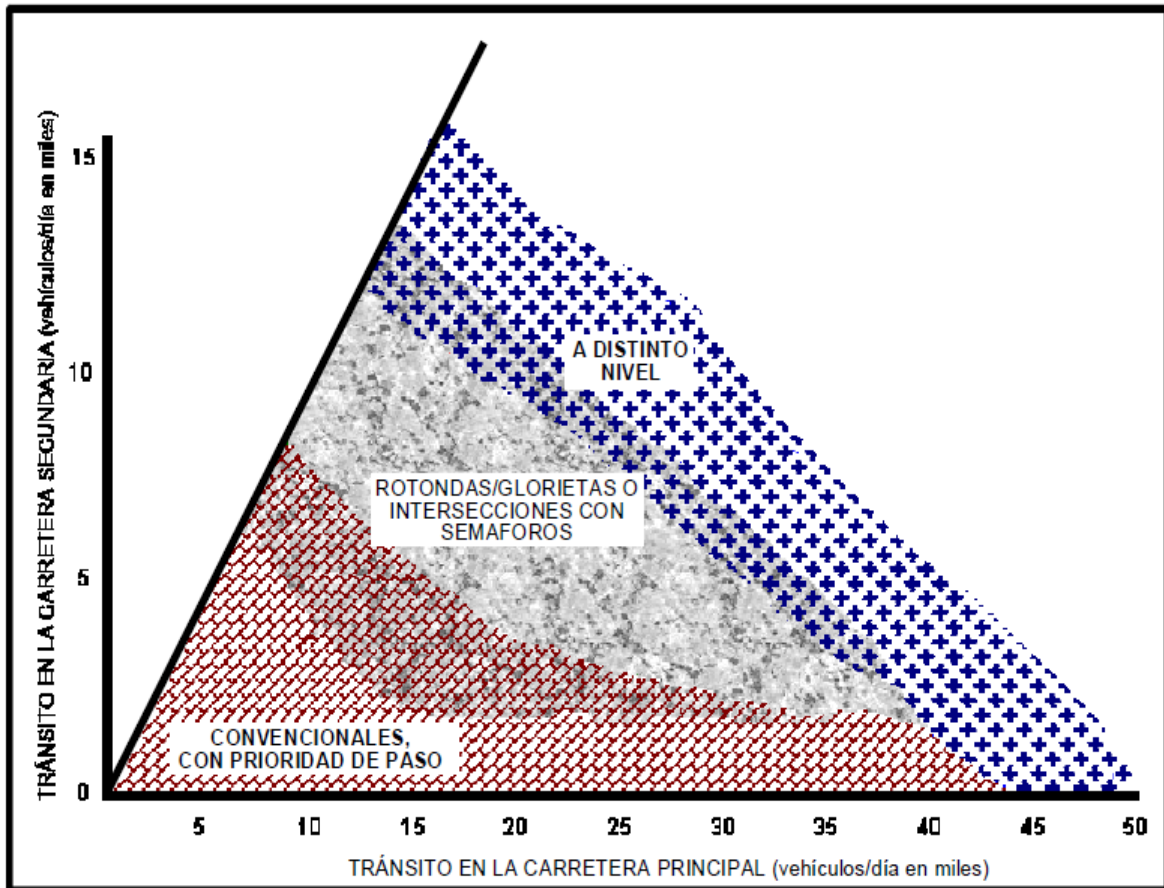
**Figura 13:** Puntos de Conflictos en intersecciones de 4 ramales Semaforizada<sup>40</sup>



Otra forma de determinar el empleo o no de rotondas es utilizando la siguiente gráfica, la cual se grafica el tránsito de la carretera principal versus el tránsito de la carretera secundaria:

<sup>40</sup> Capítulo 6: Diseño Geométrico de Rotondas Modernas, FHWA-junio 2000

**Figura 14:** Gráfica de clasificación de Intersección para diferentes Volumenes de Tráfico<sup>41</sup>



### 7.2.1 Ventajas y Desventajas<sup>42</sup>

Existen ventajas notorias que dan credibilidad a la decisión de construir este tipo de intersección:

- ✚ Marcan transición entre diferentes tipos de flujos vehiculares urbanos e interurbanos al conseguir reducir la velocidad a la entrada y salida de tránsito de los diferentes accesos.

<sup>41</sup> Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales SIECA, Capítulo 5: Diseño de intersecciones giratorias o rotondas, año 2011.

<sup>42</sup> Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales SIECA, Capítulo 5: Diseño de intersecciones giratorias o rotondas, Año 2011.

- ✚ Los vehículos deben de transitar a una velocidad uniforme para incorporarse, entrecruzarse y salir de la corriente de tránsito sin serios conflictos.
- ✚ Atiende todo tipo de maniobra convirtiendo los elementos de tránsitos ordenados y continuos.
- ✚ Dan respuesta eficiente en los tiempos de espera fuera de la hora punta.
- ✚ Ofrece una solución de bajo costo relativo en cuanto construcción y mantenimiento.
- ✚ Disminuye la tasa de accidentes debido a que se reducen los puntos de conflictos.

En cuanto a las desventajas de este tipo de solución se tiene lo siguiente:

- ✚ Funciona mejor en sitio con tránsito peatonal escaso.
- ✚ La localización garantiza una visión segura en las aproximaciones.
- ✚ Requiere de grandes dimensiones de terreno.
- ✚ No existe una prioridad definida de las corrientes de tránsito en los accesos
- ✚ Los peatones no encuentran satisfacción de cruces similares a los acostumbrados

### **7.2.2 Cálculo de la Capacidad de rotonda.**

Además del cambio de tipo de intersección, un ancho de entrada y longitud de ensanchamiento adecuada, son elemento de que ayudan a que el diseño tenga mayor capacidad y seguridad.

Es importante mencionar que el ancho de carriles en rotondas debe de ser igual o mayor a 3.60 metros<sup>43</sup>, en la Tabla 21 se detalla todos los elementos y factores utilizados para determinar la capacidad en las entradas de la rotonda.

---

<sup>43</sup> Guía de Diseño de Intersecciones, Capítulo 7: Rotondas. Francisco Justo Cierra, enero 2015.

**Tabla 22:** Cálculo de Capacidad del Diseño Propuesto

Parámetros	Rubenia	Huembes	El Dorado	Hospital del Niño
D: Diámetro Inscrito de la Rotonda en metros (m)	77.00	77.00	77.00	77.00
e: Base de logaritmos neperianos	2.72	2.72	2.72	2.72
m:	4.62	4.62	4.62	4.62
tD:	1.09	1.09	1.09	1.09
l: Longitud efectiva de ensanchamiento en metros (m)	15.00	15.00	15.00	4.00
e: Ancho del Acceso ensanchando en metros (m)	12.70	12.70	12.70	4.30
v: Ancho de la Calzada de la carretera antes del acceso en metros (m)	11.40	11.40	12.40	3.80
S: Amplitud de Ensanchamiento en metros (m)	11.49	11.49	12.42	3.93
x: factor	12.87	12.87	12.74	4.55
fc: Constante dependiente de la Geometría	0.82	0.82	0.81	0.44
F: Constante dependiente de la Geometría	3900.62	3900.62	3860.22	1378.65
Qc: Volumen de tránsito que circula en frente de la entrada (V/h)	1376	2090	1834	2142
Ø: Angulo de entrada	49.00	49.00	73.00	55.00
r: Radio de entrada en metros (m)	39.50	39.50	32.62	14.50
K: Factor de Corrección por la Geometría del Acceso	0.96	0.96	0.87	0.90
C: Capacidad de la Entrada en la Rotonda (V/h)	2662	1838	2065	396

Fuente propia.

### 7.2.3 Proyección de Tránsito futuro

El objetivo del diseño de esta intersección radica en mejorar la circulación y nivel de servicio, cuyo alcance se pretende brinde respuesta tanto para el tránsito actual y para un determinado período de tiempo para el futuro, de manera que el tráfico circule en condición cómoda y segura.

La estimación del tránsito futuro se realiza mediante ecuaciones donde se toman en cuenta ciertos parámetros y características, pero siempre es difícil de conocer con exactitud el número de tránsito que pudiera circular, aun utilizando esta proyección.

Los ingenieros de tránsito consideran que esto se puede hacer para un período máximo entre 15 y 25 años, siendo el de 20 años el más utilizado<sup>44</sup>, ya que estimar el tráfico para un período mayor no se justifica, debido a que pueden ocurrir cambios en la economía regional y en la población de la zona que no pueden ser previstos con ningún grado de seguridad; cambios que pueden modificar por completo el volumen o comportamiento del tránsito en la vía.

En los últimos años el crecimiento vehicular en la capital ha sido de un 6% anual, con este dato para el año 2032, se obtiene una proyección de tráfico de 800,144 vehículos que circularán en las pistas y calles de Managua.<sup>45</sup>

En lo que respecta a la intersección del Hospital del Niño no se cuenta con información de estudios de tránsito de años anteriores, la cual dificulta el cálculo con exactitud del crecimiento del parque vehicular. Se realizó una proyección en base al estudio de tránsito de esta intersección realizado en el año 2016<sup>46</sup>, en el cual circulan aproximadamente **65,790** vehículos por día. Se ha considerado un porcentaje de crecimiento vehicular por año del 3 % para la intersección en estudio.

Como todo diseño vial tiene su vida útil, en lo que respecta a este diseño se realizó para un periodo de 12 años, tiempo en el cual se ha considerado podrá funcionar entre el nivel de servicio del A al D. Haciendo uso de la gráfica para diferentes volúmenes de tránsito descrita en el Manual de Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, 2da Edición - marzo 2004., se puede obtener de manera sencilla el tipo de diseño que pudiera dar una respuesta positiva al problema de congestionamiento, este se obtiene graficando el tránsito de la carretera principal con el tránsito de la carretera secundaria. Realizando lo anterior se tendría lo siguiente:

---

<sup>44</sup> Apuntes Ingeniería de Tránsito. Proyecciones de Tránsito. Ing. Orlando López Peña

<sup>45</sup> Información brindada por el departamento de Ingeniería de Tránsito de la Policía Nacional.

<sup>46</sup> Aforo Vehicular realizado por recursos propio, para fines de esta investigación. Enero 2016.

**Tabla 22:** Proyección de Tráfico

<b>AÑO</b>	<b>TRAFICO FUTURO EN VIA PRINCIPAL. (v/12hr)</b>	<b>TRAFICO FUTURO EN VIA SECUNDARIA. (v/12hr).</b>
2016	16180	13248
2017	16665	13380
2018	17165	13514
2019	17680	13649
2020	18211	13786
2021	18757	13924
2022	19320	14063
2023	19899	14204
2024	20496	14346
2025	21111	14489
2026	21745	14634
2027	22397	14780
2028	23069	14928
2029	23761	15077
2030	24474	15228
2031	25208	15381
2032	25964	15534
2033	26743	15690
2034	27545	15847
2035	28372	16005

Fuente propia.

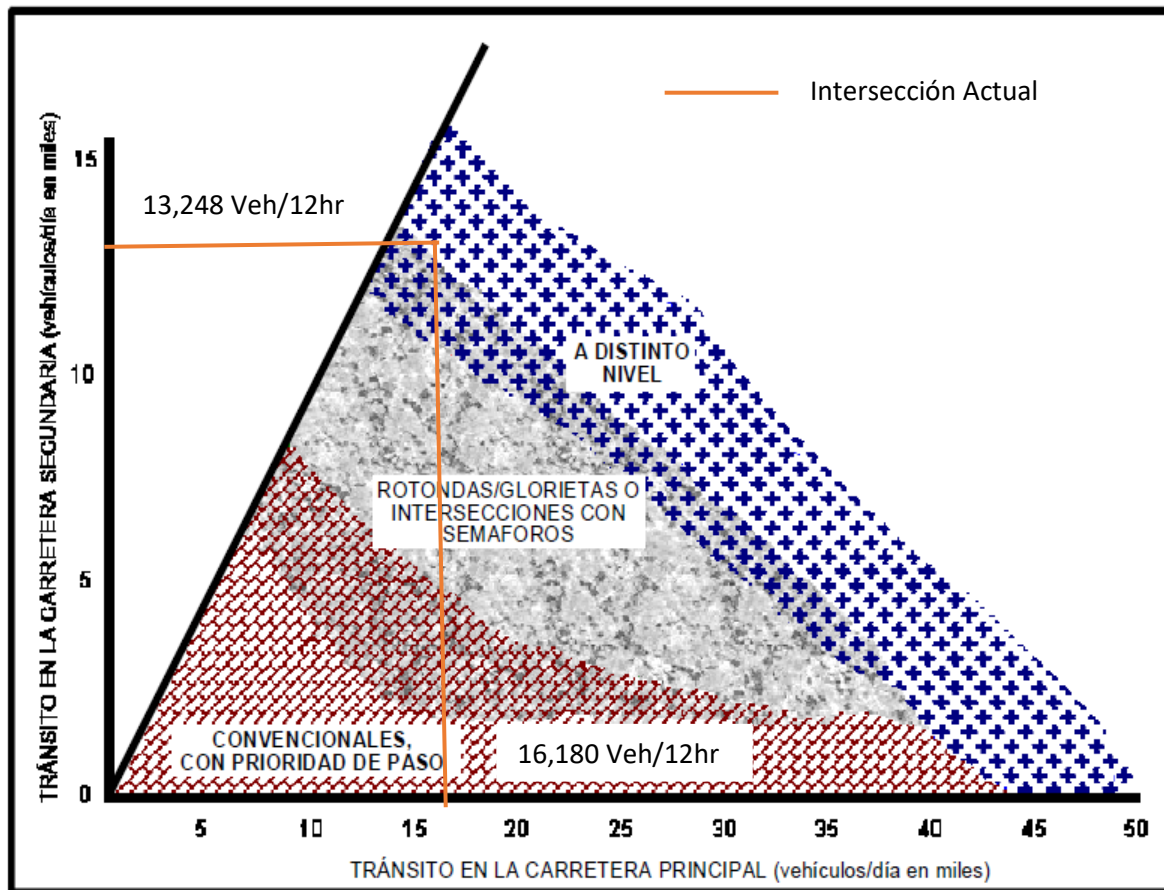
En la Figura 15 cuya gráfica representa la cantidad de tránsito para los diferentes tipos de intersecciones, dentro de la cual se graficó la intersección que está en funcionamiento como una intersección con semáforo la cual se analizó y está funcionando en un nivel de servicio F.

Como propuesta para mejorar la circulación en la intersección del hospital del niño durante los próximos 10 a 15 años se propone el diseño de una rotonda, ya que considerando mejorar los tiempos de circulación en las horas pico todavía se puede aprovechar el diseño actual para dicha mejora.

Dentro de este diseño se propone ajustarse a los números de carriles existentes, con mejoras en el ancho de carriles, radios de giros adecuados para los accesos ya

que esto en cierta manera proporciona mayor capacidad de circulación y seguridad en los ramales de la intersección.

**Figura 15:** Grafica de Clasificación de Intersecciones



#### 7.2.4 Diseño de la Intersección Hospital del Niño

Entre los programas utilizados para los trabajos en ingeniería civil, contamos con AUTOCAD CIVIL 3D, el cual se emplea para diseño de obras viales, este se basa en objetos inteligentes, con los cuales serán construidos los diseños. Estos objetos, llámense líneas, poli-líneas entre otros constituyen elementos básicos de trabajo en un proyecto realizado en este programa.

En proyectos que poseen etapa de corrección, lo cual implica muchas horas de revisión en el procesamiento de los datos, este programa tiene la ventaja de realizar



los ajustes y cambios que automáticamente son actualizados en el diseños e informes generados con ese modelo, lo cual significa ahorro de muchas horas de trabajo en oficinas.

El programa ofrece muchos beneficios en cuanto a mejoras de la productividad, documentación de la construcción y diseños de calidad, brinda mayor facilidad al momento de realizar cambio y comunica la intención del diseño de manera rápida y clara.

Entre las opciones de diseño que abarca el programa encontramos: intersección a nivel, creación de rotondas y accesos. Para realizar el diseño de cualquiera de los antes mencionados, es necesario obtener datos de campo, como levantamientos topográficos, volúmenes de tránsito, velocidades, entre otros.

Antes de dar inicio con cualquier diseño utilizando el programa, se debe constar con criterios de selección para la elección y clasificación del tipo de intersección a diseñar lo cual se realizó anteriormente donde se propone el diseño de una rotonda.

Este trabajo expone criterios de diseño de una rotonda, con el objetivo que se sea un material de apoyo para aquellos que estén interesados en el tema, ya que este es poco abordado en el pregrado.

A continuación, se detalla paso a paso la elaboración del diseño de la Intersección del Hospital del Niño con imágenes explicativas en los anexos y del ingreso de la información requerida por el programa:

1. Para este diseño se utilizó la versión, Civil 3D 2015, para iniciar se abre la plantilla en AutoCAD civil sistema métrico, modificada con sus estilos en los puntos, superficies.<sup>47</sup>

---

<sup>47</sup> Ver Anexo No. 3, Imagen No. 20

2. Al realizar el levantamiento topográfico se exportan los puntos del levantamiento topográficos, tomando en cuenta el formato de punto, para este diseño se utilizó el formato, puntos, Norte; Este, Elevación y descripción.<sup>48</sup>
3. Teniendo los puntos exportados se procede a elaborar el modelo digital del terreno, en el cual se agrega todos los puntos, y se nombra los postes, bordillos, rótulos, y elevaciones.<sup>49</sup>
4. Para localizar el punto en estudio se unen, los puntos de bordillo y se nombra referencia que ayuden a identificar la intersección para el diseño.<sup>50</sup>
5. Posteriormente se crean las curvas de nivel con las cuales se calculará las pendientes de los perfiles del diseño.<sup>51</sup>
6. Las curvas de nivel ayudan a identificar el drenaje y la elevación de la terraza y procede a elaborar los alineamientos de los ejes de diseños en este caso de los cuatros accesos en donde se digita la velocidad de diseño 50 km por hora, en este caso para el alineamiento del acceso del Hospital del Niño, para el acceso de El Dorado, para el alineamiento de la Pista Suburbana-Solidaridad.<sup>52</sup>
7. Para cada alineamiento se diseña perfiles, donde se configura la longitud de curva, la cual debe cumplir las normas de diseño como las pendientes máximas y pendientes mínimas, el programa nos facilita, manual de diferentes versiones la cual seleccionamos la versión actual 2011 y automáticamente diseña según norma seleccionada.<sup>53</sup>

---

<sup>48</sup> Ver Anexo No. 3, Imagen No. 21

<sup>49</sup> Ver Anexo No. 3, Imagen No. 22

<sup>50</sup> Ver Anexo No. 3, Imagen No. 23

<sup>51</sup> Ver Anexo No. 3, Imagen No. 24

<sup>52</sup> Ver Anexo No. 3, Imagen No. 25

<sup>53</sup> Ver Anexo No. 3, Imagen No. 26

8. Como se menciona anteriormente para el diseño se crea un perfil del terreno natural a lo largo del alineamiento horizontal, se selecciona el Perfil independiente para los cuatros accesos, es importante revisar si se cumple con las especificaciones.
9. En la ventana de perfil se modifica y se selecciona el alineamiento teniendo en cuenta que este bien el inicio y el final del estacionamiento, se selecciona la superficie de nuestro terreno natural y se añade, ya creado el perfil, se dibuja.
10. Este paso se dedica para modificar la ventana de perfil, en la sección general, se nombra el perfil con una descripción, en esta ventana puede aumentar la escala y quitar algunos ejes verticales ya que por lo general aparecen demasiado.
11. En la barra de herramienta, se abre el árbol del alineamiento, hasta llegar al perfil creado para cada acceso donde se modifica las propiedades.
12. En la pestaña de ejes horizontales, se recomienda el intervalo a 20, para evitar más ejes verticales dentro de la vista.
13. Estas recomendaciones pueden ser diferentes a las que se mencionan, cada quien puede mejorarlo a como guste.
14. Se procede a crea el ensamblaje (estructura de pavimento), para cada sección típica la cual se ingresa el parámetro de diseño, como ancho de la vía y bordillo, talud, profundidad de base y sub base, y pavimento.<sup>54</sup>
15. Teniendo diseñado el alineamiento, perfiles, ensamblaje para cada acceso se crea la obra lineal, donde se configuran las tangentes y curvas simples o espirales.

---

<sup>54</sup> Ver Anexo No. 3, Imagen No. 27

16. Ya con los corredores y alineamientos se construye la intersección en este caso una rotonda. Donde se consideran todos los parámetros de diseño como, vehículo de diseño, peralte, velocidad de diseño, ancho de carriles en glorietas.<sup>55</sup>

17. Complementando el diseño se realiza las modificaciones de los accesos como en las isletas señales de tránsito verticales y horizontales.<sup>56</sup>

A continuación, se presenta los parámetros de la rotonda normal a nivel como diseño de la intersección del Hospital del Niño.

**Tabla 24:** Parámetros de Diseño

PARAMETROS DE DISEÑO	
Ancho de entrada (e).	12.5 m
Radio de entrada. (r)	39.5 m
Angulo de entrada( $\emptyset$ )	30°
Diámetro del círculo inscrito(D)	77 m
Distancia de visibilidad hacia la izquierda de la entrada.	40 m
Velocidad máxima de diseño (V).	40 km/h
Distancia de visibilidad de parada deseable.	50 m
Ancho de giro entre cunetas(g)	6.9 m
Ancho de vía de circulación	16 m
Números de carril	3
Longitud de ensanchamiento de entrada.	40 m
Vehículo de Diseño	BUS-12

Fuente propia.

Todos los parámetros de la **Tabla 24**, se basan en la demanda del tráfico de la intersección, es decir la intensidad de tráfico y tamaño de vehículo de diseño, los cuales se tomaron en consideración para el ancho de carril, radio de giros ángulos de entrada.

<sup>55</sup> Ver Anexo No. 3, Imagen No. 29 y30

<sup>56</sup> Ver Anexo No. 3, Imagen No. 31








## 7.2.5 Descripción de la Obra Proyectada

### Trazado Geométrico

La definición del trazado en planta y alzado para alineación rectas, curvas circulares, curvas de transición y peralte, se ajustan a la norma AASHTO con una velocidad de diseño de 50 km/h.

A continuación, se presenta ejes de diseños y secciones transversales, realizando una descripción de la obra proyectada:

### Ejes de diseño

-  Eje del acceso de Rubenia
-  Eje del acceso de mercado Roberto Huembes.
-  Eje de acceso de pista El Dorado.
-  Eje de acceso de Hospital del Niño.
-  Todos estos ejes son rectilíneos, prolongación de los ejes existentes.
-  Eje circular en la rotonda
-  Eje de conexión entre cada eje rectilíneo y el circular.

### Secciones transversales

#### 1. Sección tipo carretera

Calzada

Hombro

#### 2. Sección tipo glorieta

Radio interior

Calzada

Hombro interior  
Hombro exterior

### 3. Sección tipo ramal

Calzada  
Hombro interior  
Hombro exterior

El peralte de la rotonda es de un 2% hacia el exterior de la de la rotonda, debido a que por ella se circula con una velocidad  $< 40 \text{ km/h}$ , y el rozamiento transversal movilizado es capaz de contrarrestar fuerzas dinámicas.

## 7.3 Consideraciones de Señalizaciones de Tránsito

Las señalizaciones de tránsito tienen como objetivo orientar y advertir a los Usuarios (Peatones y conductores), sobre las regulaciones y características prevalecientes de los alrededores y punto de la intersección.

Nicaragua en cuestiones de circulación vehicular está regulada por la ley 431: “Ley para el Régimen de Circulación Vehicular e Infracciones de Tránsitos” que a su vez se rige por las señales norteamericanas. Actualmente la ley 431 no describe distancias y ubicación específica de las señales verticales y horizontales prevalecientes en las rotondas, por lo que para este trabajo se ha decidido tomar en como referencia lo recomendaciones descritas en el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniforme para el control del tránsito.

### **7.3.1 Señales Verticales**

#### **Características de las Señales Verticales**

1. Contiene símbolos ubicado en parales y que se encuentran localizados a la orilla de las vías, con el fin de regular e informar al tránsito.
2. Las señales tendrán geometría variable en función de las inscripciones y textos representativo, en el fondo de la señal puede ser de color blanco, amarillo, azul, rojo con el texto en negro.
3. Estas señales estarán formadas por perfiles de aluminio o de acero galvanizados, con las especificaciones técnicas, siendo todas ellas reflectantes de nivel 3.
4. Todas las placas de señalización vertical de diseño fijo tendrán un relieve de orla (flanja) exteriores, símbolos e inscripciones de entre dos y medio (2.5) y cuatro (4) milímetros.
5. Todas ellas sin excepción alguna serán reflectantes, con reverso de color neutro.

#### **Tipos de Señales Verticales**

1. Advertencia de peligro

Corresponde a señales de forma triangular con orla (franja) exterior rojo, fondo blanco y símbolo negro con las dimensiones, en función del tipo de vía en el cual se vayan a emplear.

## 2. Prioridad

Son señales triangulares de ceda el paso con las mismas características que las anteriores, además de la señal octogonal de stop.






## 3. Prohibición, obligación y fin de prohibición.

Corresponden con señales circulares de diámetro especificado en función de la vía en la cual se vaya a implantar en general tienen orla (Orla) perimetral roja o negra con fondo blanco.

## 4. Señales de diseño variable.

En general corresponde con señales de orientación, confirmación y destino. Las mismas corresponden con carteles, confirmaciones, localizaciones y flechas, sirven para indicar a los usuarios de la vía los itinerarios seguir en cada uno de los enlaces que se localizan en el tramo.

**Tabla 25:** Las dimensiones de las señales de peligro, prohibición, obligación u otras serán las que se indican en el siguiente cuadro.<sup>57</sup>

					
Red Básica	1.350 mm de lado	900 mm de diámetro	900 mm de diámetro	900 x 900 mm	1.350 x 1.200mm

---

<sup>57</sup> Para carreteras convencionales con arcén.



### **7.3.2 Señales Horizontales**

#### **Características de las Señales Horizontales**

1. Son Marcas y Símbolos pintados en el pavimento con fines de regulación de tránsito.
2. Dependiendo de las características del terreno, sentido del tránsito y objetivo específicos, son pintadas en color amarillo o blanco.

#### **Tipos de Señales Horizontales**

1. Marcas longitudinales continuas.

Se emplea para separar los sentidos de la circulación, evitando los adelantamientos en los ramales de enlace y otras carreteras convencionales, el ancho de esta marca será de 15 cm.

De igual forma para delimitar el borde de la calzada, cuando el hombro sea mayor o igual a 1.5 m, siendo el ancho de la marca vial de 15 cm por ser el hombro igual a 1.5 m, también se emplea marca longitudinal continua, en todo contorno de isleta no montable, con los anchos de marcas para bordes de calzada en que está situada, el ancho de la marca vial es de 15 cm.

2. Marcas longitudinales discontinuas

Se emplea para avisar de la presencia de una marca longitudinal continua que prohíba el adelantamiento, además para la ordenación del adelantamiento en calzadas de 2 o 3 carriles y doble sentido de circulación, prohibiendo adelantar los vehículos situados en el carril contiguo a la marca continua.

### 3. Marcas transversales

Se compone de una línea transversal discontinua de ceda el paso con 40 cm de ancho y longitud la del carril contrario de 80 cm y vano de 40 cm.

### 4. Flechas e inscripciones

Las flechas tienen como objeto la indicación de los movimientos permitidos u obligados, corresponde con el símbolo ceda el paso, situando dicha inscripción antes de la línea de ceda el paso.

### 5. Marcas de Cebrado

Las marcas de cebrado se basan en el marcado de una de calzada o de una zona, que sobresalga ligeramente por encima del nivel de calzada con franjas oblicuas paralelas enmarcadas por una línea continua, significa que ningún vehículo debe penetrar en esta zona de la calzada, la cual tiene como función el incremento de la visibilidad de la zona de pavimento excluida a la circulación de vehículos.

Señales específicas más utilizadas en rotondas:

🚦 Señales Verticales:



R-1-2



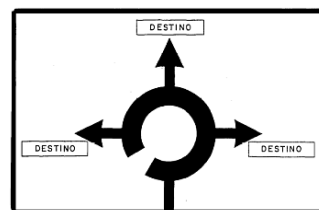
R-4-1



R-2-1



P-1-9



ID-3-23

## Horizontales

- ✓ Delimitación de Carriles.
- ✓ Sentido de circulación.
- ✓ Ceda el paso.
- ✓ Línea de Parada

En el Anexo No. 5 se presenta propuesta de señalización Horizontal para rotonda.

## CONCLUSIONES

Con el levantamiento topográfico de la intersección en estudio se ha podido obtener la planimetría del terreno con el que se realizó una correcta representación gráfica de las elevaciones del mismo.

El volumen de tránsito de vehículos que circula en la intersección es de 47,787 vehículos por el período de 7:00 am a 7:00pm. El porcentaje proveniente de Rubenia es de 33.9, el Mercado Roberto Huembes es 30.7 %, el Hospital del Niño 7.8 % y de la pista El dorado es 27.7 %. En la hora pico el tránsito vehicular que circula por la intersección corresponde a 6,018 vehículos en una hora

El porcentaje de vehículos pesados que prevalecen en la intersección en estudio es de 16 por ciento, de los cuales el 50 por ciento son buses, por lo que los lleva a concluir que 8 por ciento del total de tránsito circulante por la intersección corresponde a buses.

Según el análisis realizado de la intersección en estudio, el ramal de la Pista El Dorado es el más crítico con un nivel de servicio F, presentando una demora de 1:14 horas, el flujo menos crítico es el proveniente del Mercado Roberto Huembes con una demora de 4 minutos.

El grado de saturación crítico de la intersección Hospital del Niño es mayor de 8, cuando el máximo recomendado en el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM), es 1, lo cual significa que la intersección Semaforizada ya no es una alternativa viable.

El índice de accidentalidad de la intersección va en aumento con forme pasan los años entre al año 2011 al año 2015 se produjo un aumento superior al 50%, cifras que mantienen alarmada a la policía de tránsito.

En lo que respecta a las rutas o vías alternas analizadas adyacentes al punto de estudio, no se ha encontrado ninguna ruta que sea viable y que mejore significativamente la circulación del tránsito, si bien se encontraron rutas donde se puede circular una vez que estas sean acondicionadas con la debida señalización, pero la utilización de éstas dependerá en gran manera del interés a donde quiera llegar el conductor.

De acuerdo al Manual de Capacidad de Carretera (HCM) la intersección Semaforizada en estudio posee 32 puntos de conflictos mientras que en una rotonda se reduciría a 8 puntos de conflictos, lo cual convendría para mejorar el flujo vehicular de la intersección y reducir el índice de accidentalidad, este tipo de intersección obliga a los conductores a reducir la velocidad antes de entrar al anillo circulante, dando pauta a una mejor percepción del tránsito.

Se determinó que la rotonda debe tener un diámetro de 77 m, con 3 carriles de entrada en la vía principal (Huembes y Rubenia), con un ancho de 3.60 m, con 2 carriles de 3.60 metros proveniente de El Dorado y 1 carril de 3.85 metros proveniente del Hospital del Niño. Siendo el ancho de los carriles (Rotonda) de 5.42 metros.

La tasa de crecimiento anual asumida para la proyección vehicular es del 3% anual. El diseño propuesto funcionará correctamente hasta el año 2030, de acuerdo al análisis de capacidad de rotonda por acceso descrito en el Transport y Road Research Laboratory, utilizando el método de Kimber.

## RECOMENDACIONES

Dar seguimiento al incremento del tránsito vehicular una vez construida la rotonda, para ir valorando el funcionamiento de la misma y tomar las medidas correspondientes.

Realizar un estudio de nuevas vías alternas que puedan ser utilizadas por los usuarios y ayuden a mejorar el problema de circulación que en este punto se genera, de igual forma la construcción de nuevas vías que ayuden al descongestionamiento vehicular.

En las rotondas, las señales verticales y señales horizontales trabajan juntas para crear un sistema integral para orientar y regular usuarios de la carretera. Lo anterior hace necesario realizar un acompañamiento por un tiempo determinado, donde la policía de tránsito se vea involucrada para orientar al uso correcto de dicha rotonda a los conductores que transiten por ella.

Realizar la construcción de puentes peatonales en los cuatro ramales que garantice el cruce seguro de los peatones, de igual forma realizar un análisis de considerar necesario la construcción de 2 puentes en vez de uno, debido a que se pudo observar que el cruce de los peatones esta disgregado a lo largo de las vías de acceso.

La recuperación del derecho de vía se considera primordial en el análisis realizado, porque es un hecho de que las mejoras al diseño seguirán surgiendo en respuesta a la demanda vehicular, por lo cual se hará aún más complicado comenzar dicha recuperación hasta que se presente el momento de realizar mejoras al diseño.

Se necesita ir pensando en alternativas de solución al momento que la rotonda sobrepase la capacidad de servicio deseada.

## BIBLIOGRAFÍA

- ✚ American Association of State Highway and Transportation Officials 2011. Libro Verde AASHTO, política sobre diseño geométrico de caminos y calles.
- ✚ Características Generales de la Distribución de Managua, noviembre 2011
- ✚ Guía de Diseño de Intersecciones, Florida 2014.
- ✚ HIGHWAY CAPACITY MANUAL 2000, capítulo 16: Signalized Intersections Methodology.
- ✚ Manual Centroamericano de Dispositivos Uniforme para el control del tránsito.
- ✚ Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA 2004.
- ✚ Orientación para la selección del tipo de intersección, Rodolfo E. Goñi, Argentina 2012.
- ✚ Transport Research Laboratory (TRL) 1933 conocido por el Gobierno del Reino Unido como el Laboratorio de Investigación de Carreteras (RRL), bajo el Departamento de Investigación Científica e Industrial (DSIR), y más tarde se convirtió en el Transport y Road Research Laboratory (TRRL) en 1972.

### Sitios Web

- ✚ <http://www.dot.state.fl.us/rddesign/FIDG-Manual/FIDG.pdf>
- ✚ <http://www.iadb.org/es/mapamericas/nicaragua-old/nicaragua-en-perspectiva, 5910.html>

### Tesinas:

- ✚ Funciones de las rotondas urbanas y requerimientos urbanísticos de organización. Tesina presentada por Víctor Darder Gallardo, año 2005.
- ✚ Metodología para el análisis de intersecciones semaforizadas. Tesina presentada por Carlos Useda y Sergio Ramírez. Universidad Nacional de Ingeniería, septiembre 2013.

## **ANEXOS**



**ANEXO No. 1: TABLAS RESUMEN DE AFORO VEHICULAR Y GRÁFICAS DE  
PORCENTAJES DEL TIPO DE VEHÍCULOS**

**Tabla 26:** Tránsito Promedio Diario proveniente de Rubenia

FLUJO PROVENIENTE DE RUBENIA														
Día	Bicicleta	Moto	Vehículos Livianos			Pesados de Pasajeros		Pesados de Carga				Veh. Trac. Animal	U/M	Total
			Autos	Jeep	Camionetas Pick UPs	Mbus	Bus	Camión C2	C3	T3S2	T3S3			
Miércoles	99	2656	6575	1445	2166	481	1277	1698	99	11	7	0	Veh/12h	16514
Jueves	68	2489	6460	768	2903	369	1162	1150	124	3	1	6	Veh/12h	15504
Viernes	83	2612	6586	1291	2712	454	1213	1437	119	0	7	9	Veh/12h	16523
Promedio	83	2586	6540	1168	2594	435	1217	1428	114	5	5	5	Veh/12h	16180
Factor Diario	1	1.38	1.43	1.37	1.36	1.35	1.31	1.22	1.31	1	1	1		
TPD (Veh/día)	83	3568	9353	1600	3527	587	1595	1743	149	5	5	5	Veh/día	22205

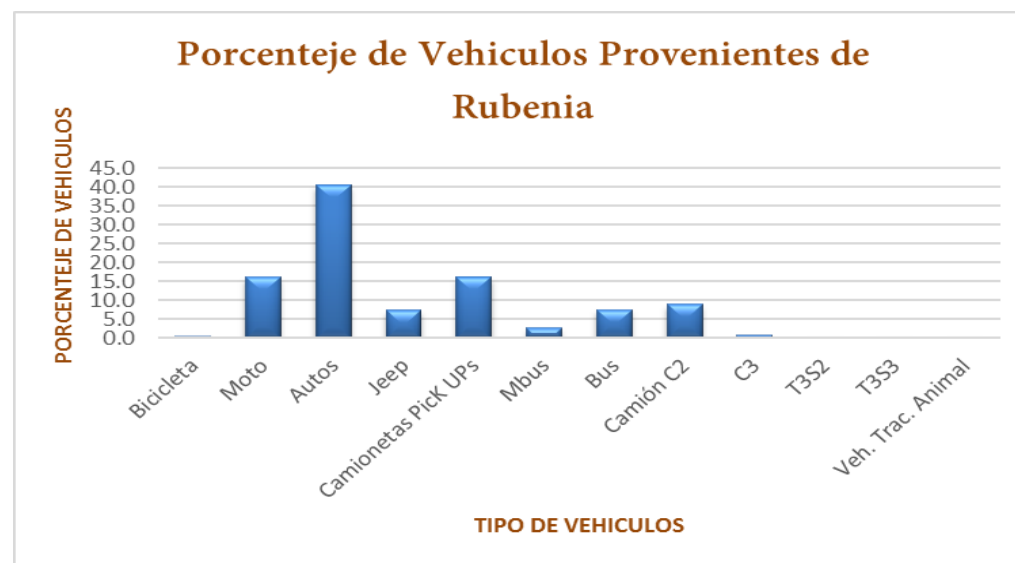
Fuente propia.

**Tabla 27:** Porcentaje de Tipo de Vehículo

Rubenia	
Tipo de Vehículo	%
Bicicleta	0.5
Moto	16.0
Autos	40.4
Jeep	7.2
Camionetas Pick UPs	16.0
Mbus	2.7
Bus	7.5
Camión C2	8.8
C3	0.7
T3S2	0.03
T3S3	0.03
Veh. Trac. Animal	0.03
<b>Total</b>	<b>100</b>

Fuente propia.

**Gráfico 1:** Porcentaje de Vehículos provenientes de Rubenia



Fuente propia.

**Tabla 28:** Tránsito Promedio Diario proveniente del Mercado Roberto Huembes

FLUJO PROVENIENTE DEL MERCADO ROBERTO HUEMBES														
Día	Bicicleta	Moto	Vehículos Livianos			Pesados de Pasajeros		Pesados de Carga				Veh. Trac. Animal	U/M	Total
			Autos	Jeep	Camionetas Pick UPs	Mbus	Bus	Camión C2	C3	T3S2	T3S3			
Miércoles	73	2256	5963	1429	2654	431	963	822	25	7	1	1	Veh/12h	14627
Jueves	98	2150	5987	1399	2598	396	865	735	9	5	19	8	Veh/12h	14301
Viernes	89	2006	6241	1484	2891	439	924	898	17	6	9	6	Veh/12h	15025
Promedio	87	2137	6064	1437	2714	422	917	818	17	6	10	5	Veh/12h	14651
Factor Diario	1	1.38	1.43	1.37	1.36	1.35	1.31	1.22	1.31	1	1	1		
TPD	87	2950	8671	1969	3691	570	1202	998	22	6	10	5	Veh/día	20160

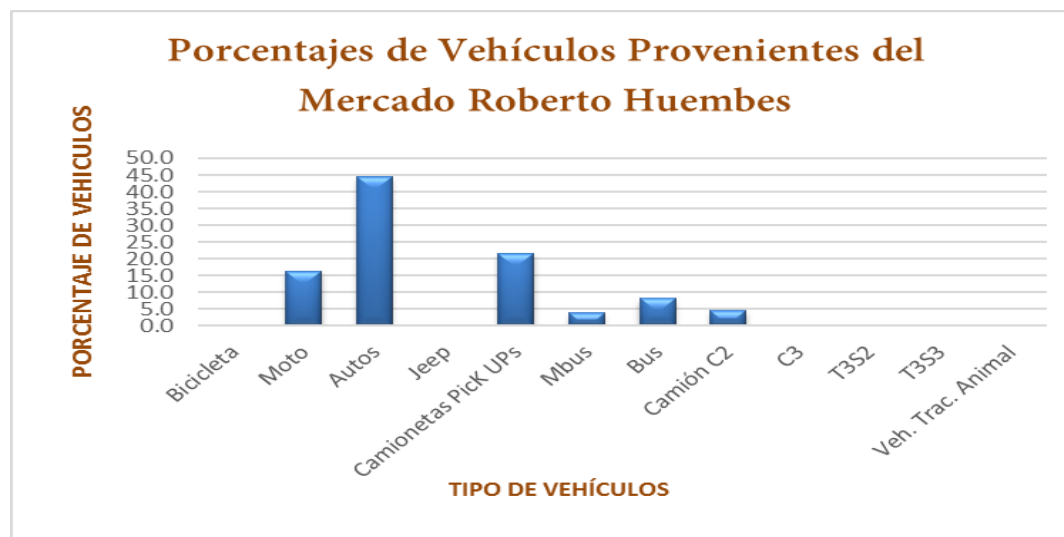
Fuente propia.

**Tabla 29:** Porcentaje de Tipo de Vehículo

Mercado Roberto Huembes	
Tipo de Vehículo	%
Bicicleta	0.3
Moto	16.4
Autos	44.5
Jeep	0.1
Camionetas Pick UPs	21.7
Mbus	3.9
Bus	8.2
Camión C2	4.6
C3	0.3
T3S2	0.1
T3S3	0.0
Veh. Trac. Animal	0.1
<b>Total</b>	<b>100</b>

Fuente propia.

**Gráfico 2:** Porcentaje de Vehículos provenientes del Mercado Roberto Huembes



Fuente propia.

**Tabla 30:** Tránsito Promedio Diario proveniente de la Pista El Dorado

FLUJO PROVENIENTE DE LA PISTA EL DORADO														
Día	Bicicleta	Moto	Vehículos Livianos			Pesados de Pasajeros		Pesados de Carga				Veh. Trac. Animal	U/M	Total
			Autos	Jeep	Camionetas PicK UPs	Mbus	Bus	Camión C2	C3	T3S2	T3S3			
Miércoles	39	2470	6127	28	2750	546	832	618	1	12	8	12	Veh/12h	13485
Jueves	59	1965	5551	539	1456	232	818	358	1	1	2	12	Veh/12h	11018
Viernes	62	2988	6385	673	2957	639	847	654	5	0	0	13	Veh/12h	15241
Promedio	53	2474	6021	413	2388	472	832	543	2	4	3	12	Veh/12h	13248
Factor Diario	1	1.38	1.43	1.37	1.36	1.35	1.31	1.22	1.31					
TPD	53	3415	8610	566	3247	638	1090	663	3	0	0	0	Veh/día	18285

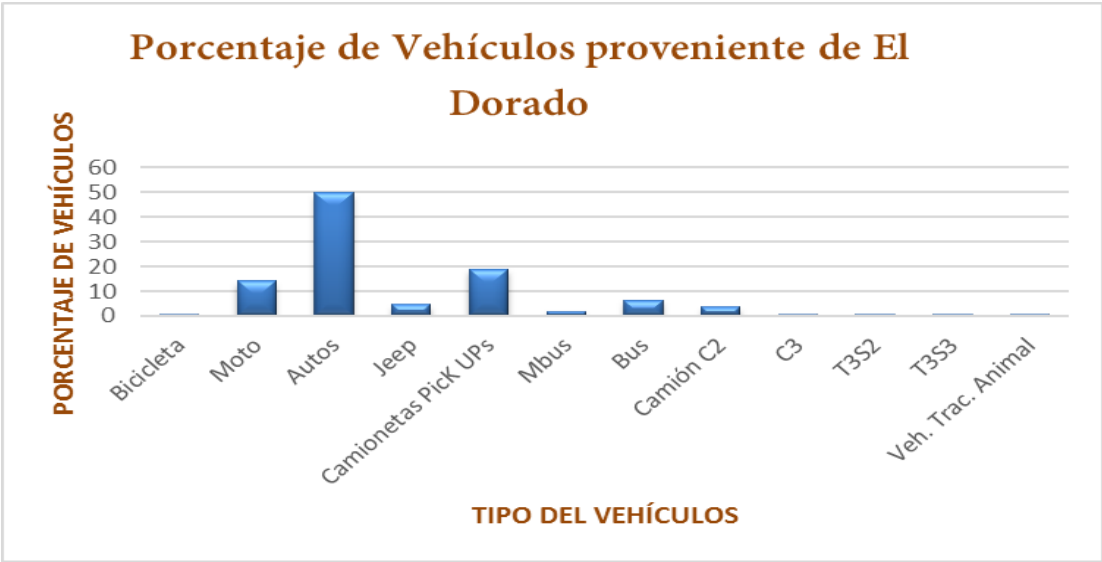
Fuente propia.

**Tabla 31:** Porcentaje de Tipo de Vehículo

EL Dorado	
Tipo de Vehículo	%
Bicicleta	0.4
Moto	14.2
Autos	49.8
Jeep	4.7
Camionetas Pick UPs	18.9
Mbus	1.7
Bus	6.5
Camión C2	3.7
C3	0.01
T3S2	0.003
T3S3	0.01
Veh. Trac. Animal	0.1
Total	100.0

Fuente propia.

**Gráfico 3:** Porcentaje de Vehículos provenientes de la Pista El Dorado



Fuente propia.

**Tabla 32:** Transito Promedio Diario proveniente del Hospital del Niño

FLUJO PROVENIENTE DEL HOSPITAL DEL NIÑO														
Día	Bicicleta	Moto	Vehículos Livianos			Pesados de Pasajeros		Pesados de Carga				Veh. Trac. Animal	U/M	Total
			Autos	Jeep	Camionetas PicK UPs	Mbus	Bus	Camión C2	C3	T3S2	T3S3			
Miércoles	44	831	1766	21	367	62	153	106	4	0	0	3	Veh/12h	3358
Jueves	58	902	1911	73	406	107	167	135	0	0	0	3	Veh/12h	3764
Viernes	60	1001	2013	56	439	105	177	144	0	0	0	4	Veh/12h	4001
Promedio	54	911	1897	50	404	91	166	128	1	0	0	3	Veh/12h	3708
Factor Diario	1.00	1.38	1.43	1.37	1.36	1.35	1.31	1.22	1.31	1	1	1		
TPD	54	1258	2712	69	549	123	217	157	2	0	0	3	Veh/día	5140

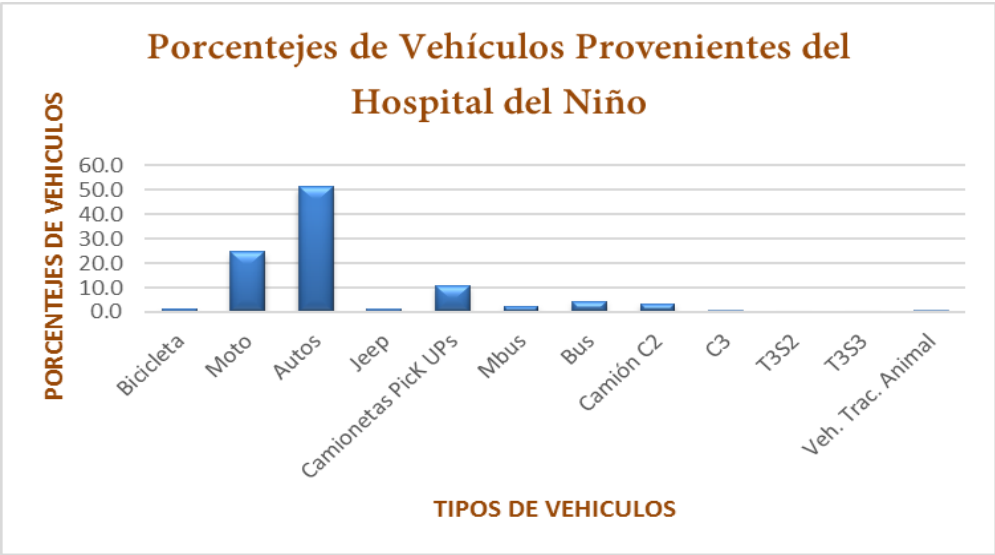
Fuente propia.

**Tabla 33:** Porcentaje de Tipo de Vehículo

Hospital del Niño	
Tipo de Vehículo	%
Bicicleta	1.5
Moto	24.6
Autos	51.2
Jeep	1.3
Camionetas Pick UPs	10.9
Mbus	2.5
Bus	4.5
Camión C2	3.5
C3	0.04
T3S2	0
T3S3	0
Veh. Trac. Animal	0.1
Total	100.0

Fuente propia.

**Gráfico 4:** Porcentaje de Vehículos provenientes del Hospital del Niño



Fuente propia.

## **ANEXO No. 2: RUTAS ALTERNAS**



Imagen No.16: Afectaciones para Derecho de Vía





Imagen No. 17; Alternativa No. 1, Cruce Huembes - Rubenia





Imagen No.18 : Alternativa No. 2, Cruce del Huembes a Rubenia







Imagen No.19: Alternativa para el Cruce de Rubenia al Mercado Roberto Humbes

ALTERNATIVA

PA

DARIDAD.





### **ANEXO No. 3: IMÁGENES DEL PROGRAMA AUTOCAD CIVIL 3D**

Figura 20

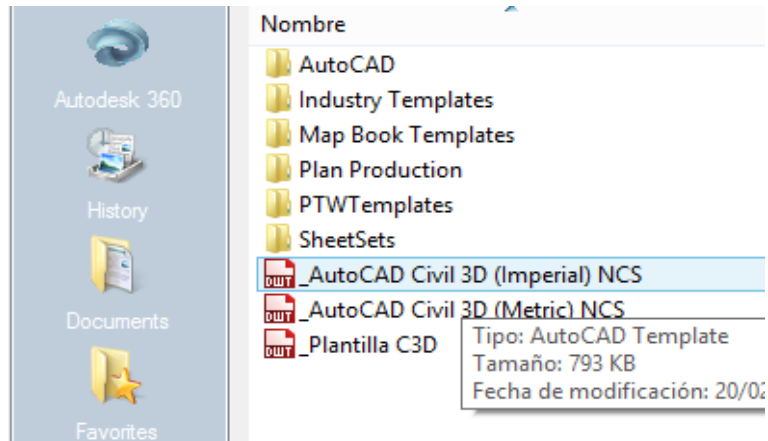


Figura 21

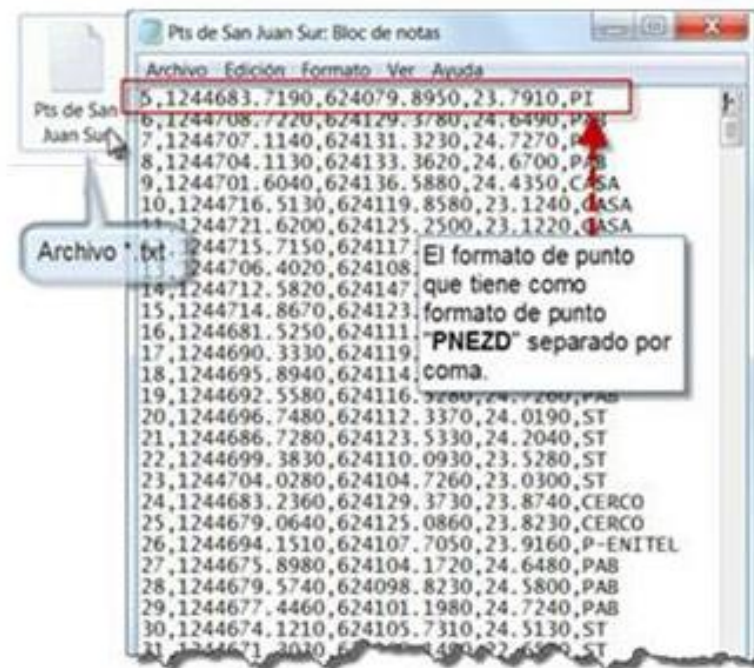


Figura 22



Figura 23

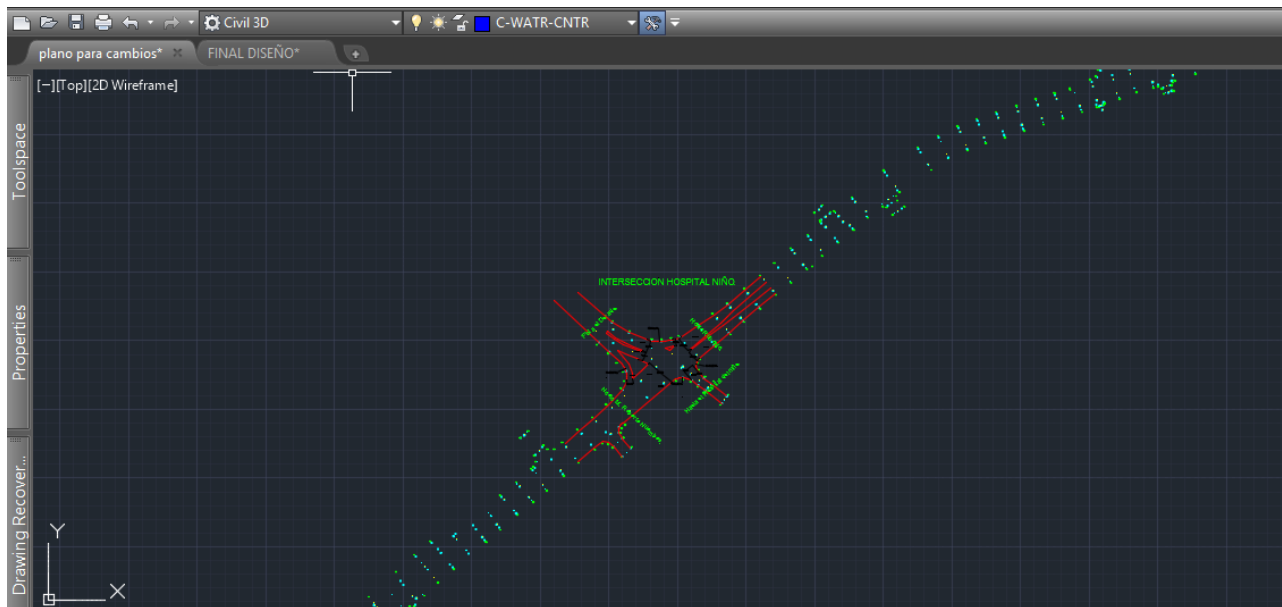


Figura 24

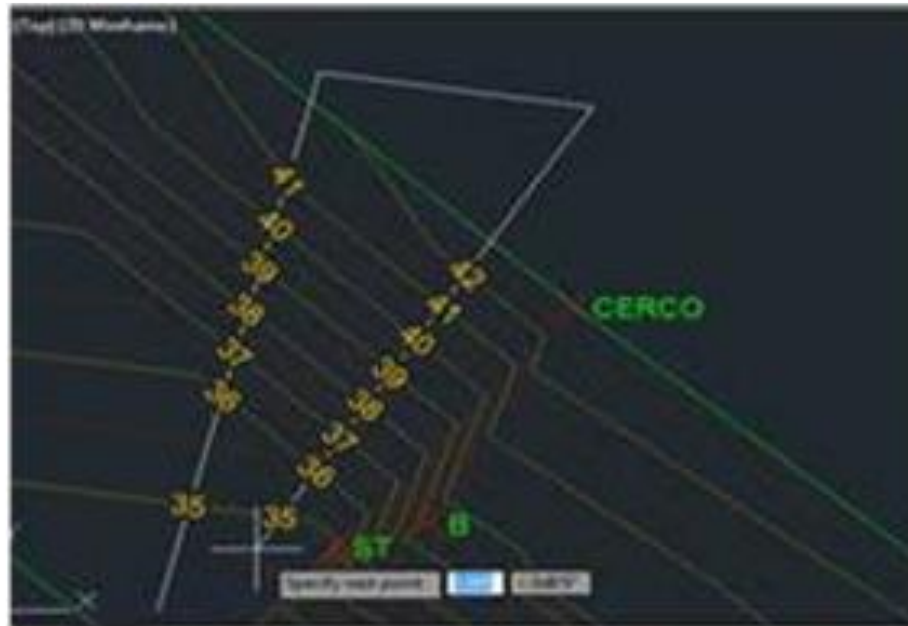


Figura 25

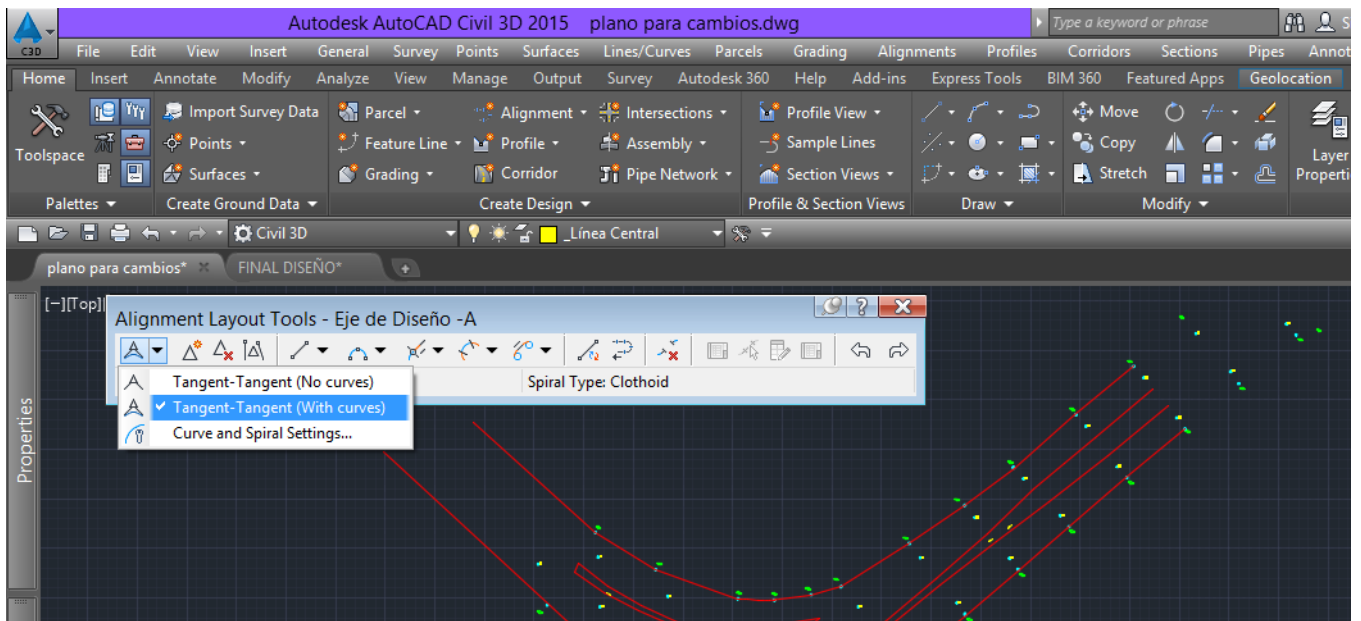


Figura 26

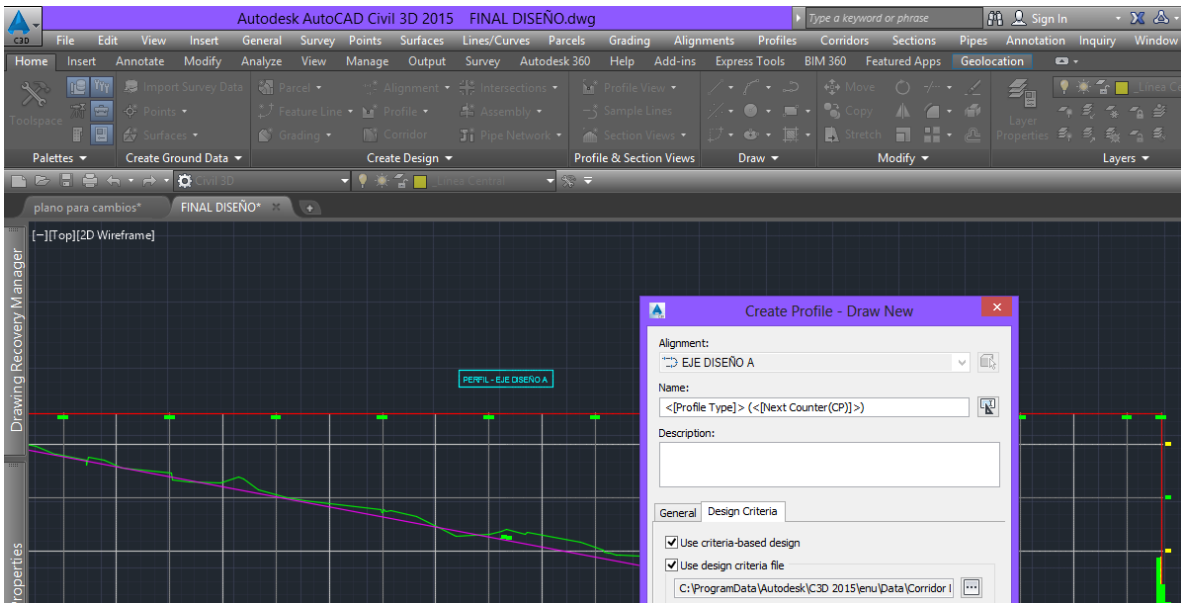


Figura 27

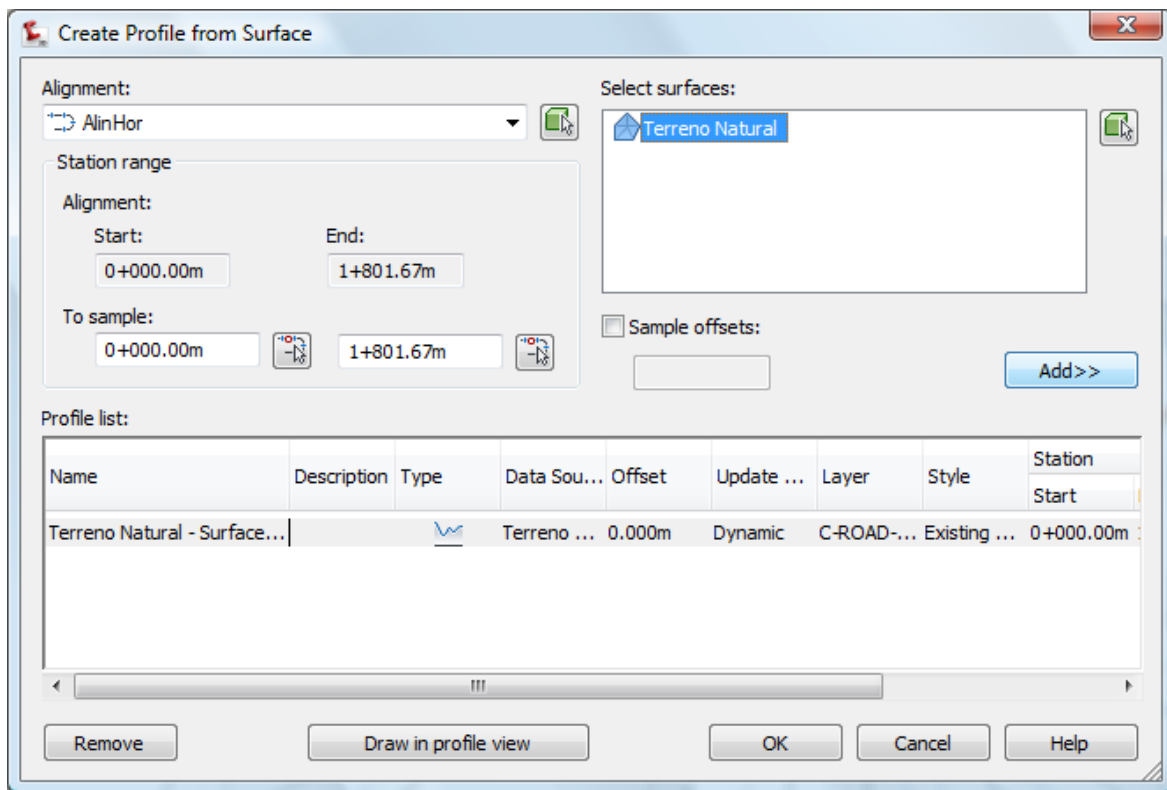


Figura 28

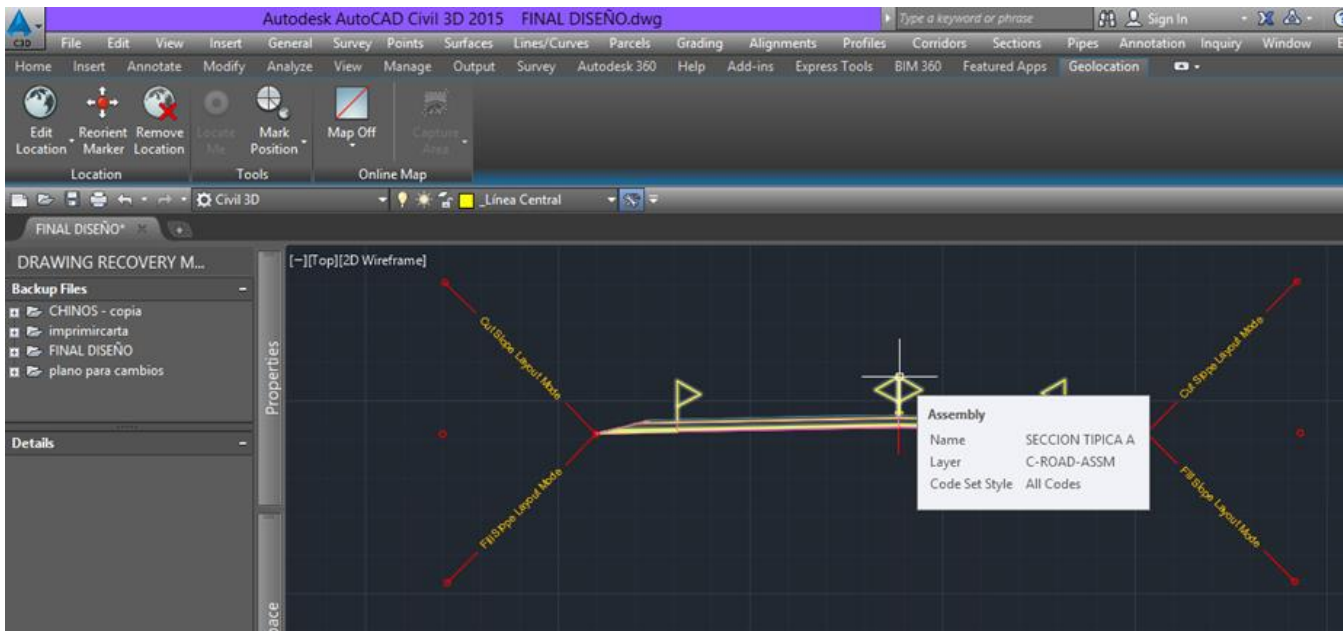


Figura 29

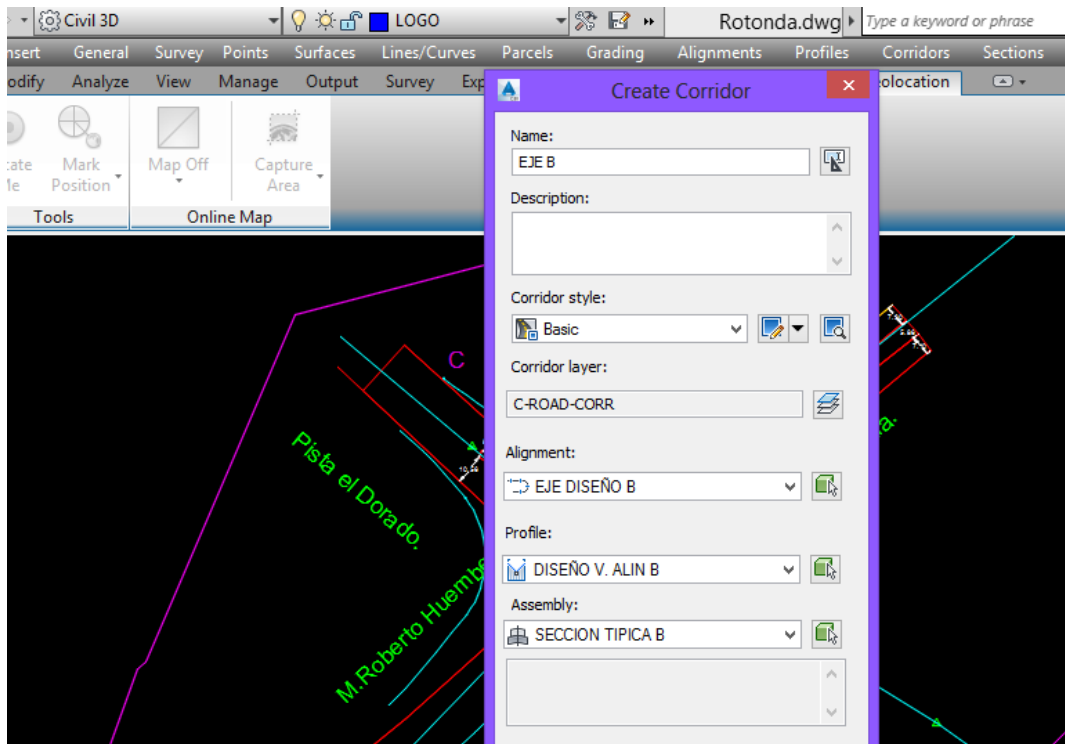




Figura 30

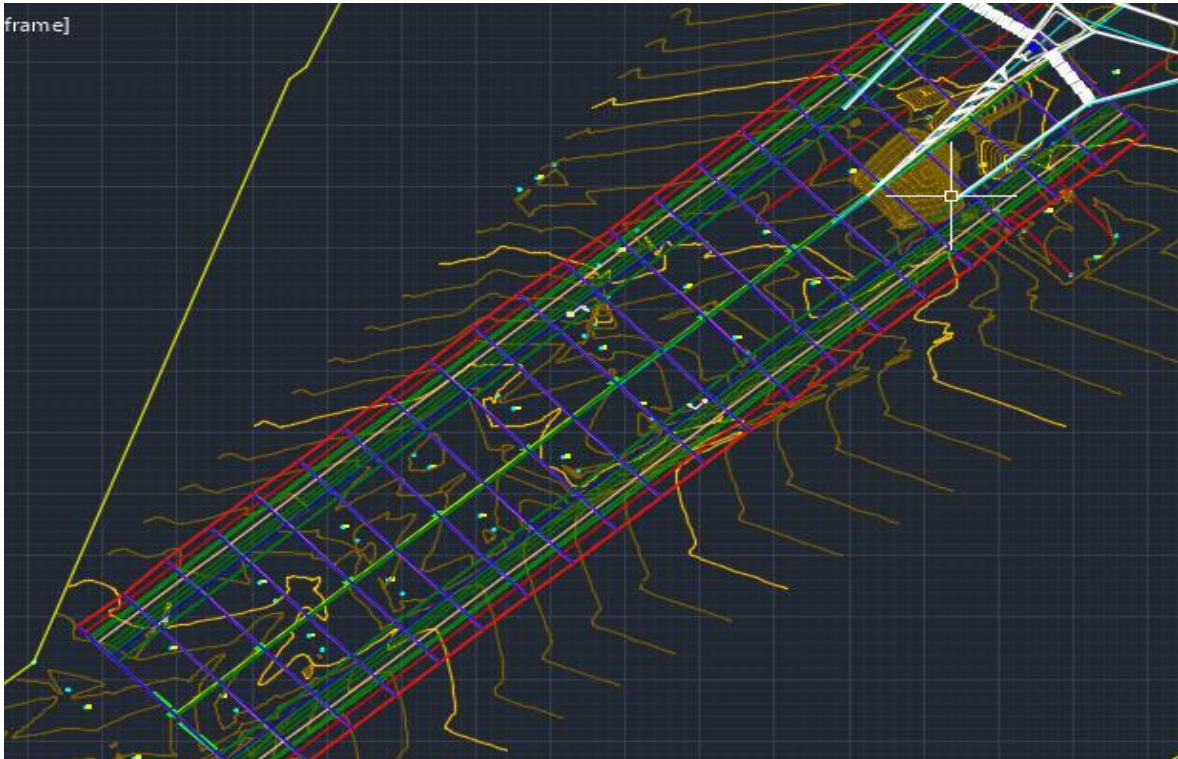


Figura 31

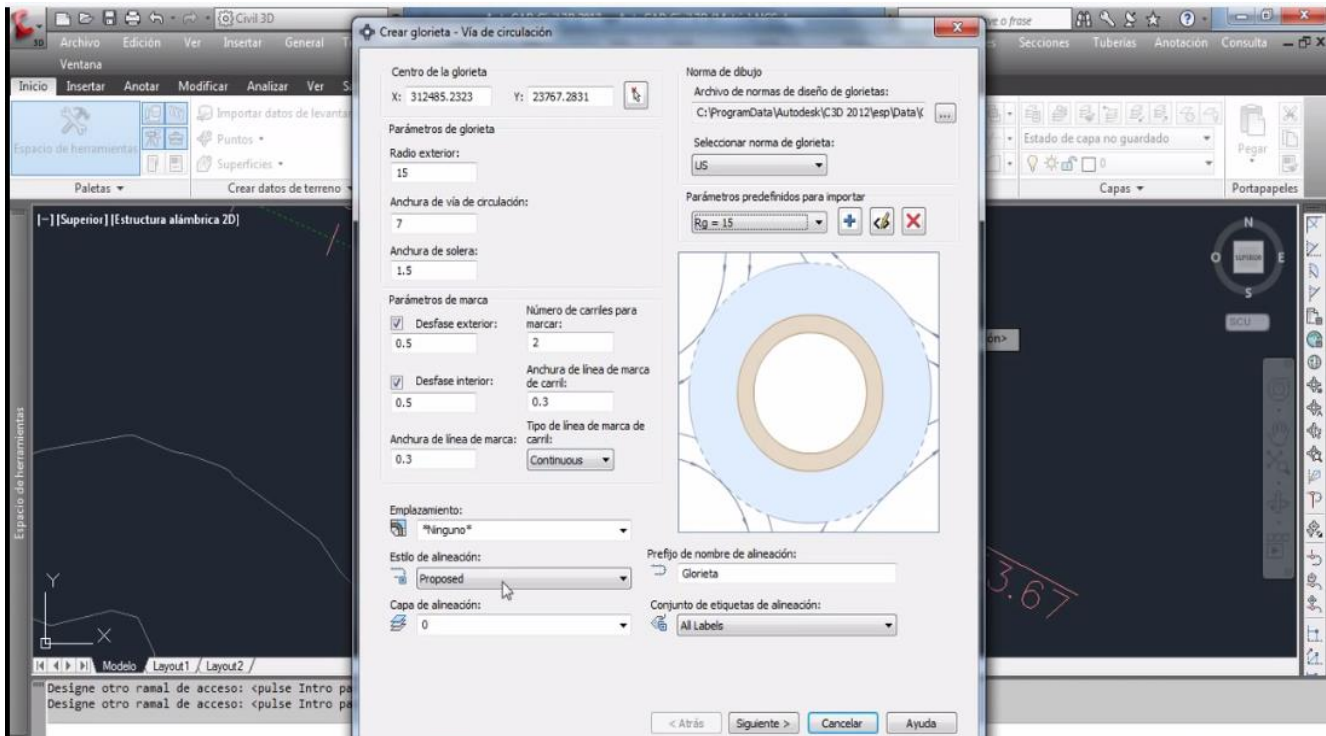


Figura 32

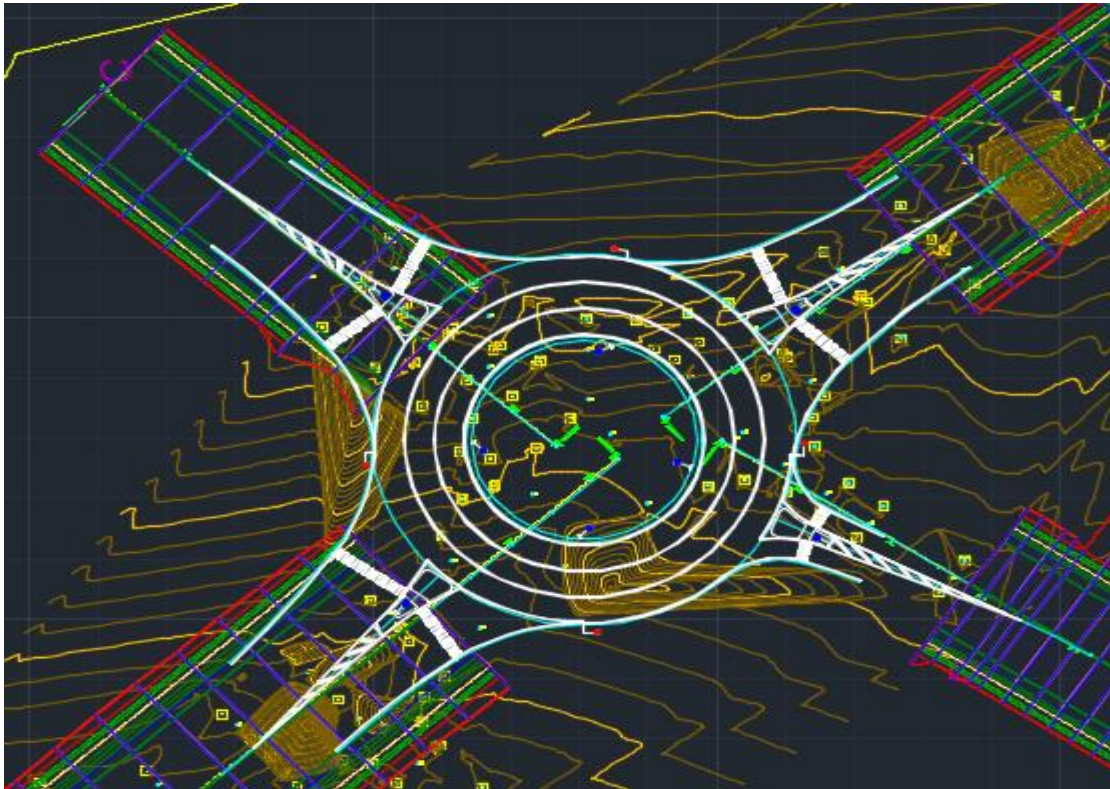
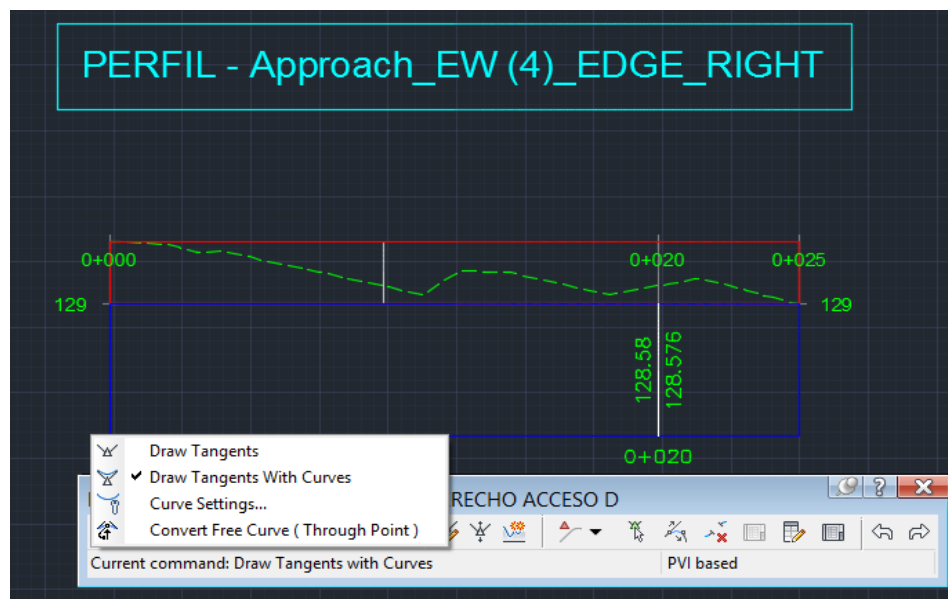


Figura 33



#### **ANEXO No. 4: MEMORIA DE CALCULO DEL RAMAL DEL HUEMBES**

## Memoria para determinar la Capacidad y Nivel de servicio de una Intersección Semaforizada Utilizando el Método del HCM.

### 1. Determinación de la Tasa de Flujo:

$$FHMD = \frac{VHMD}{4 * I_{15}} \leq 1$$

$$FHMD = \frac{1443 \text{ veh}}{4 * 367} = 0.98$$

$$V_p = \frac{V}{FHMD} = \frac{1443 \text{ veh}}{0.98} = 1472 \text{ veh}$$

### 2. Determinación de la Tasa de Flujo de Saturación

$$s_i = (s_0)(N)(f_a)(f_w)(f_{HV})(f_g)(f_{bb})(f_p)(f_{LT})(f_{RT})$$

$$s_i = (1900 \text{ veh/hr})(3)(0.900)(1.006)(0.856)(0.980)(0.960)(0.937)(0.950)(0.850)$$

$$s_i = 3,143 \text{ veh/hr. verde}$$

El cálculo de los factores se muestra a continuación:

#### a. Ajuste por ancho de Carril:

$$F_w = 1 + \frac{W - 3.6}{9} = 1 + \frac{3.65 \text{ m} - 3.6 \text{ m}}{9} = 1.006$$

#### b. Ajuste por Vehículo Pesados:

$$F_{HV} = 1 + \frac{100}{100 + \%HV(E_T - 1)} = 1 + \frac{100}{100 + 12 \% (2.4 - 1)} = 0.856$$

**c. Ajuste por pendiente:**

$$F_g = 1 + \frac{\%G}{200} = 1 + \frac{-4\%}{200} = 0.980$$

**d. Ajuste por estacionamiento:**

$$F_p = \frac{N - 0.1 - \frac{18N_M}{3600}}{N} = \frac{3 - 0.1 - \frac{18 * (18 \text{ Est} * \text{hr})}{3600}}{3} = 0.937$$

**e. Ajuste por bloqueo de Buses:**

$$F_{bb} = \frac{N - \frac{14.4N_B}{3600}}{N} = \frac{3 \text{ Carriles} - \frac{14.4 * (30 \text{ buses} * \text{Hora})}{3600}}{3 \text{ Carriles}} = 0.960$$

**f. Ajuste por Tipo de Área:**

Dado a que estos son factores dados que depende del sitio donde se ubica la intersección, para este estudio se tomó el valor de 0.90, dado a que la ubicación de la intersección se considera parte del centro de la ciudad.

**g. Ajustes de Vuelta a la Izquierda:**

Dado a que este ramal posee un carril Exclusivo de vuelta a la izquierda el valor es:  $f_{LT} = 0.95$

**h. Ajustes de vuelta a la Derecha:**

Dado a que este ramal posee un carril Exclusivo de vuelta a la derecha el valor es:  $f_{RT} = 0.85$

### 3. Determinación de la Capacidad del acceso:

$$c_i = S_i \left( \frac{g_i}{C} \right) = 3,143 \frac{\text{veh}}{\text{hr}} \cdot \text{verde} * \left( \frac{50 \text{ segundos de Verde Efectivo}}{123 \text{ Segundos}} \right)$$
$$= 1278 \frac{\text{veh}}{\text{hr}} \cdot \text{verde}$$

### 4. Determinación Volumen – Capacidad

$$X_i = \frac{v_i}{c_i} = \frac{1443 \text{ Veh/hr}}{1278 \text{ Veh/hr}} = 1.13$$

### 5. Determinación de la Demora:

$$d = 0.38 \cdot C \cdot \frac{(1 - f_v)^2}{(1 - f_v \cdot \frac{I}{C})} + 173 \cdot \left( \frac{Vp}{C} \right)^2 * \sqrt{\left( \left( \frac{Vp}{C} \right) - 1 \right)^2 + 16 \cdot \left( \frac{Vp}{C^2} \right)}$$

$$d = 0.38 * (123 \text{ seg}) * \frac{(1 - 0.407)^2}{\left( 1 - 0.407 * \frac{1472 \text{ Veh/hr}}{1278 \text{ Veh/hr}} \right)} + 173 \left( \frac{1472 \text{ Veh/hr}}{1278 \text{ Veh/hr}} \right)^2 * \sqrt{\left( \left( \frac{1472 \text{ Veh/hr}}{1278 \text{ Veh/hr}} \right) - 1 \right)^2 + 16 \left( \frac{1472 \text{ Veh/hr}}{1278 \text{ Veh/hr}^2} \right)}$$

$$d = 219 \text{ segundos} \cong 4 \text{ minutos}$$

### 6. Determinación del Nivel de Servicio:

Según la tabla de clasificación del nivel de servicio en bases a la demora es Nivel F.

**Memoria para determinar la Capacidad de una Rotonda Utilizando el Método de Kimber.**

$$C = K(F - f_c Q_c) \frac{V_{eh}}{h} = 0.96 (3,500.00 - (0.76 * 1376 \frac{V_{eh}}{h}) ) = 1838.00 \frac{V_{eh}}{h}$$

$$\begin{aligned} K &= 1 - 0.00347 (\phi - 30^\circ) - 0.978 \left( \frac{1}{r} - 0.05 \right) \\ &= 1 - 0.00347 (49^\circ - 30^\circ) - 0.978 \left( \frac{1}{38.5} - 0.05 \right) \\ &= 0.96 \end{aligned}$$

$$S = v + \frac{e-v}{l} = 11.4 \text{ m} + \frac{12.7 \text{ m} - 11.4 \text{ m}}{15 \text{ m}} = 11.49 \text{ m}$$

$$X = v + \left( \frac{e - v}{1 - 2S} \right) = 11.40 \text{ m} + \left( \frac{12.70 \text{ m} - 11.40 \text{ m}}{1 - (2 * 11.49 \text{ m})} \right) = 11.55$$

$$F = 303x = 303 * 11.55 = 3,500.00$$

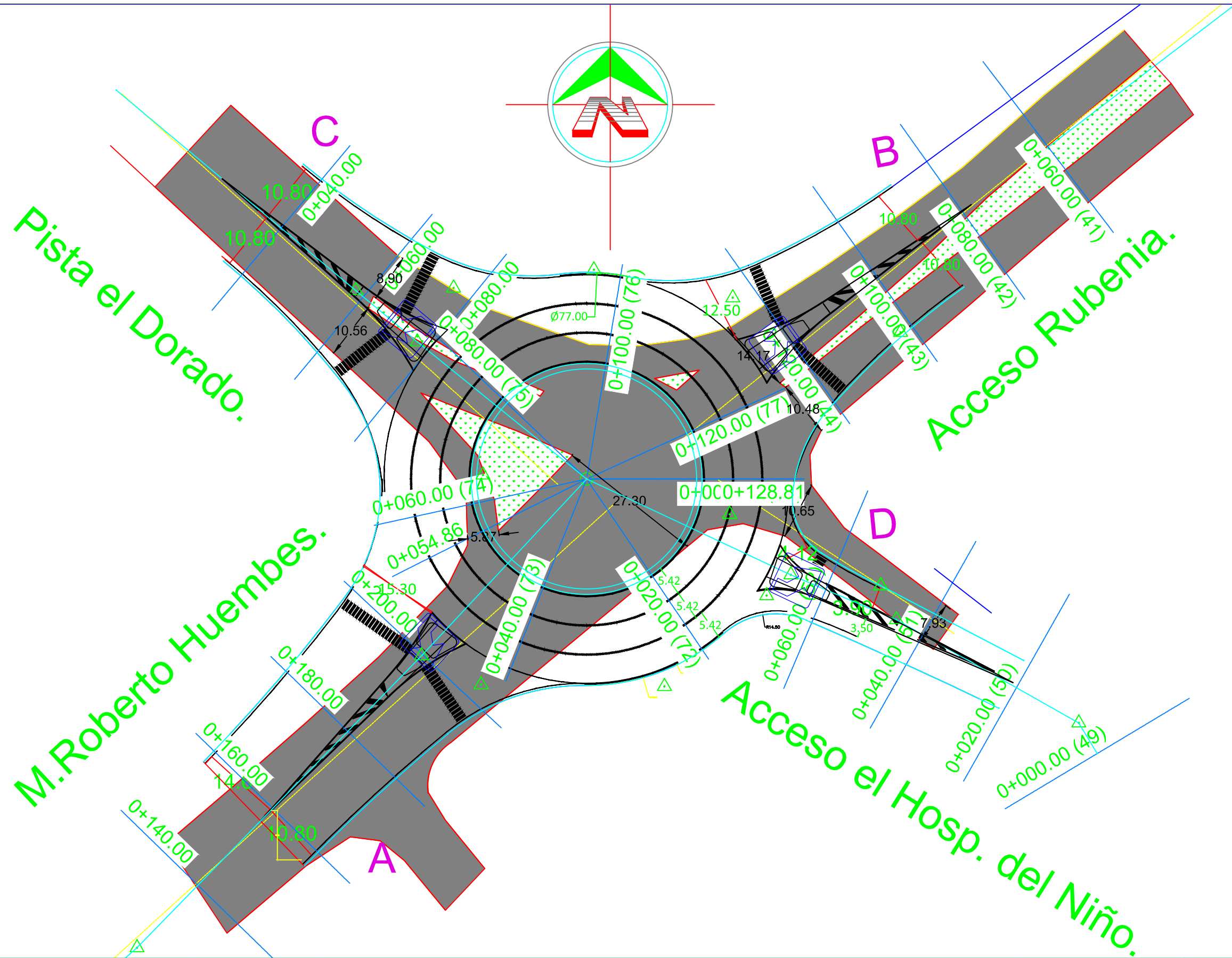
$$m = e^{\frac{D-60}{10}} = e^{\frac{77-60}{10}} = 4.62$$

$$t_D = 1 + \frac{0.5}{(1 + m)} = 1 + \frac{0.5}{(1 + 4.62)} = 1.09$$

$$f_c = 0.21 t_D (1 + 0.2 X_s) = 0.21 * (1.09) * (1 + (0.2 * 11.55)) = 0.76$$

## **ANEXO No. 5: PLANOS**





DISEÑO:

BR. NORLAN LOPEZ ALEMAN.  
BR. ANA MARIA LIRA CASTRO.

ESCALA:

1:750

TEMA:

DISEÑO GEOMETRICO INTERSECCION HOSPITAL DEL NIÑO-2015.

Nº:

LAM-01

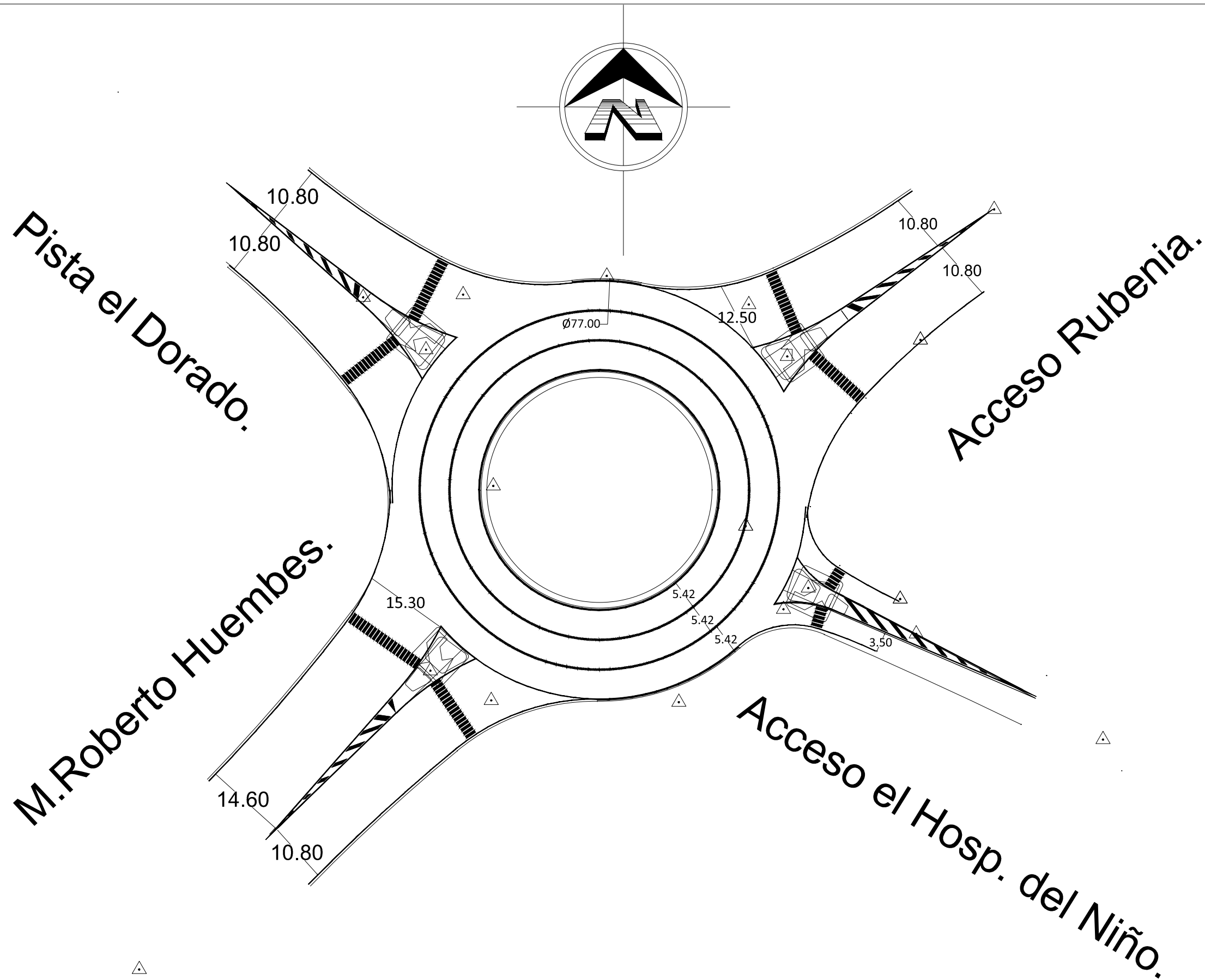
LAM-13

DESCRIPCION:

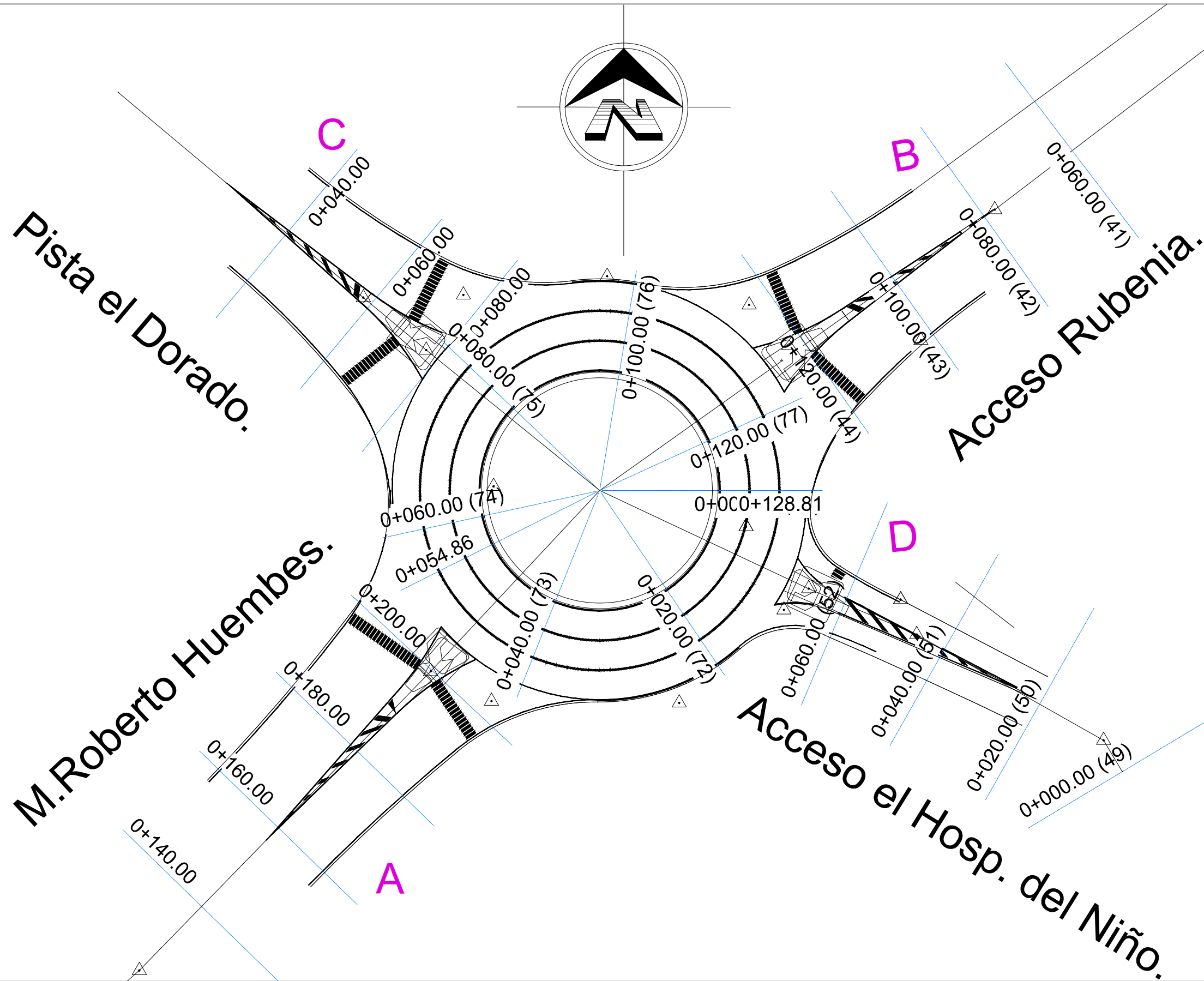
INTERSECCION EXISTENTE.

FECHA:

SEPTIEMBRE DE 2018.



LIDER EN CIENCIAS Y TECNOLOGIA	DISEÑO:	ESCALA:	TEMA:	N°:	DESCRIPCION:	FECHA:
	BR. NORLAN LOPEZ ALEMAN. BR. ANA MARIA LIRA CASTRO.	1:750	DISEÑO GEOMETRICO INTERSECCION HOSPITAL DEL NIÑO-2015.	LAM-02 LAM-13	DISEÑO EN PLANTA.	SEPTIEMBRE DE 2018.



DISEÑO:

BR. NORLAN LOPEZ ALEMAN.  
BR. ANA MARIA LIRA CASTRO.

ESCALA:

1:750

TEMA:

**DISEÑO GEOMETRICO INTERSECCION HOSPITAL DEL NIÑO-2015.**

Nº:

LAM-03

LAM-13

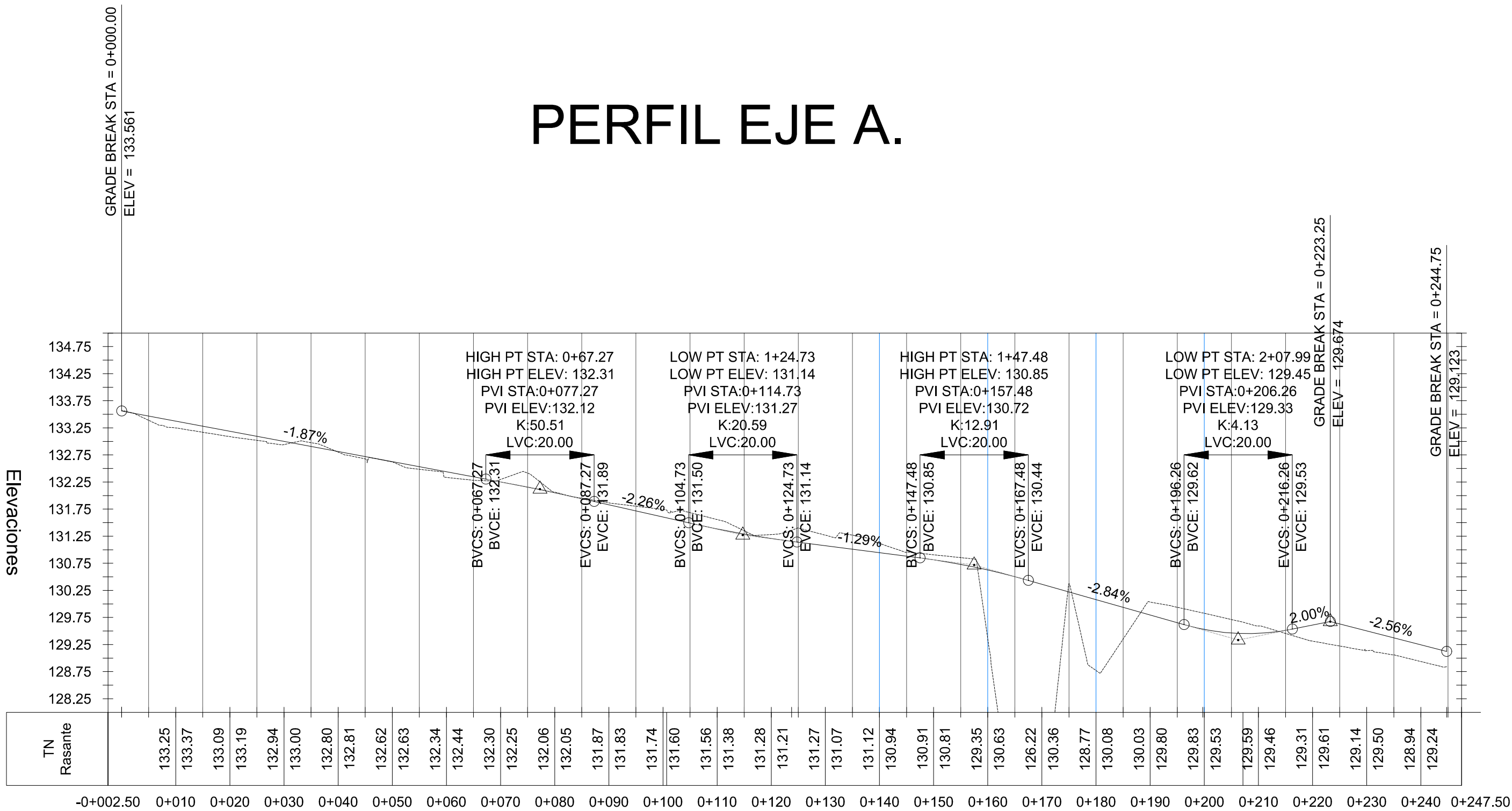
DESCRIPCION:

PLANTA GENERAL DE SECCIONES.

FECHA:

SEPTIEMBRE DE 2018.

PERFIL EJE A.



DISEÑO:  
BR. NORLAN LOPEZ ALEMAN.  
BR. ANA MARIA LIRA CASTRO.

ESCALA:  
H-1:750 / V-1:75

TEMA:

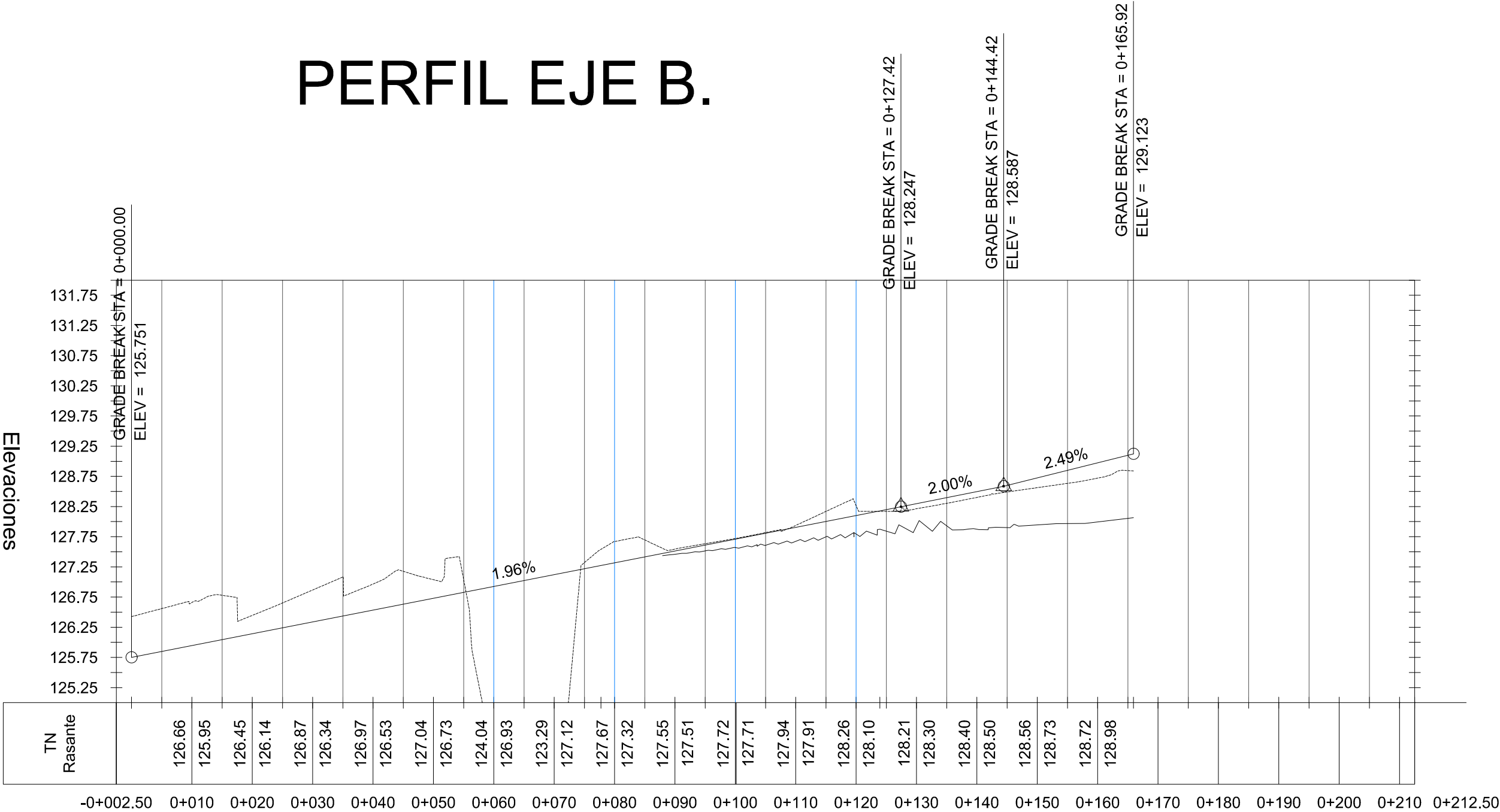
DISEÑO GEOMETRICO INTERSECCION HOSPITAL DEL NIÑO-2015.

Nº:  
LAM-04  
LAM-13

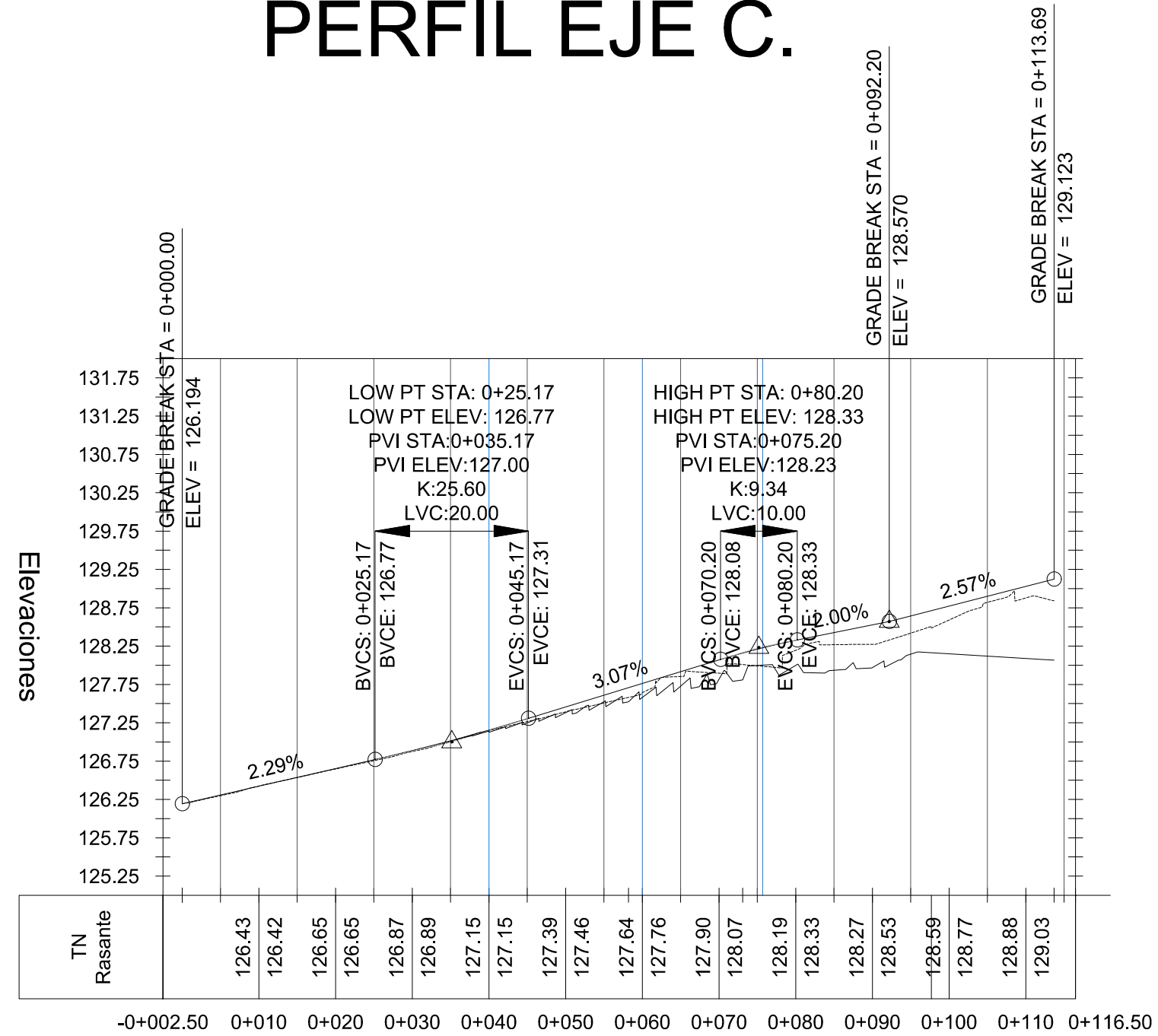
DESCRIPCION:  
DISEÑO DE PERFIL EJE A

FECHA:  
SEPTIEMBRE 2018.

PERFIL EJE B.



# PERFIL EJE C.



DISEÑO:

BR. NORLAN LOPEZ ALEMAN.  
BR. ANA MARIA LIRA CASTRO.

ESCALA:

H-1:750 / V-1:75

TEMA:

## DISEÑO GEOMETRICO INTERSECCION HOSPITAL DEL NIÑO-2015.

N°:
-----

LAM-06

LAM-13

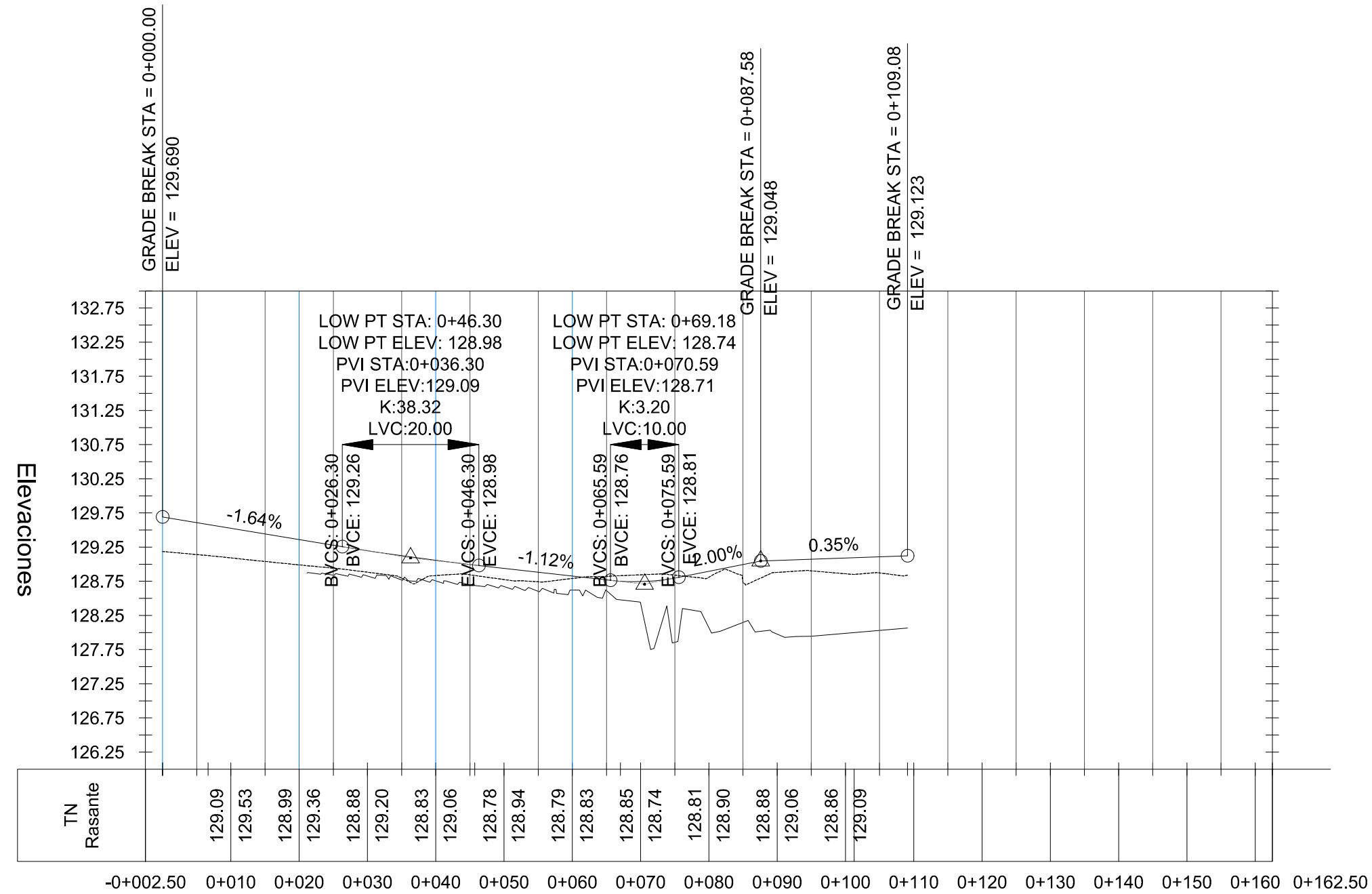
DESCRIPCION:
--------------

### DISEÑO DE PERFIL EJE C

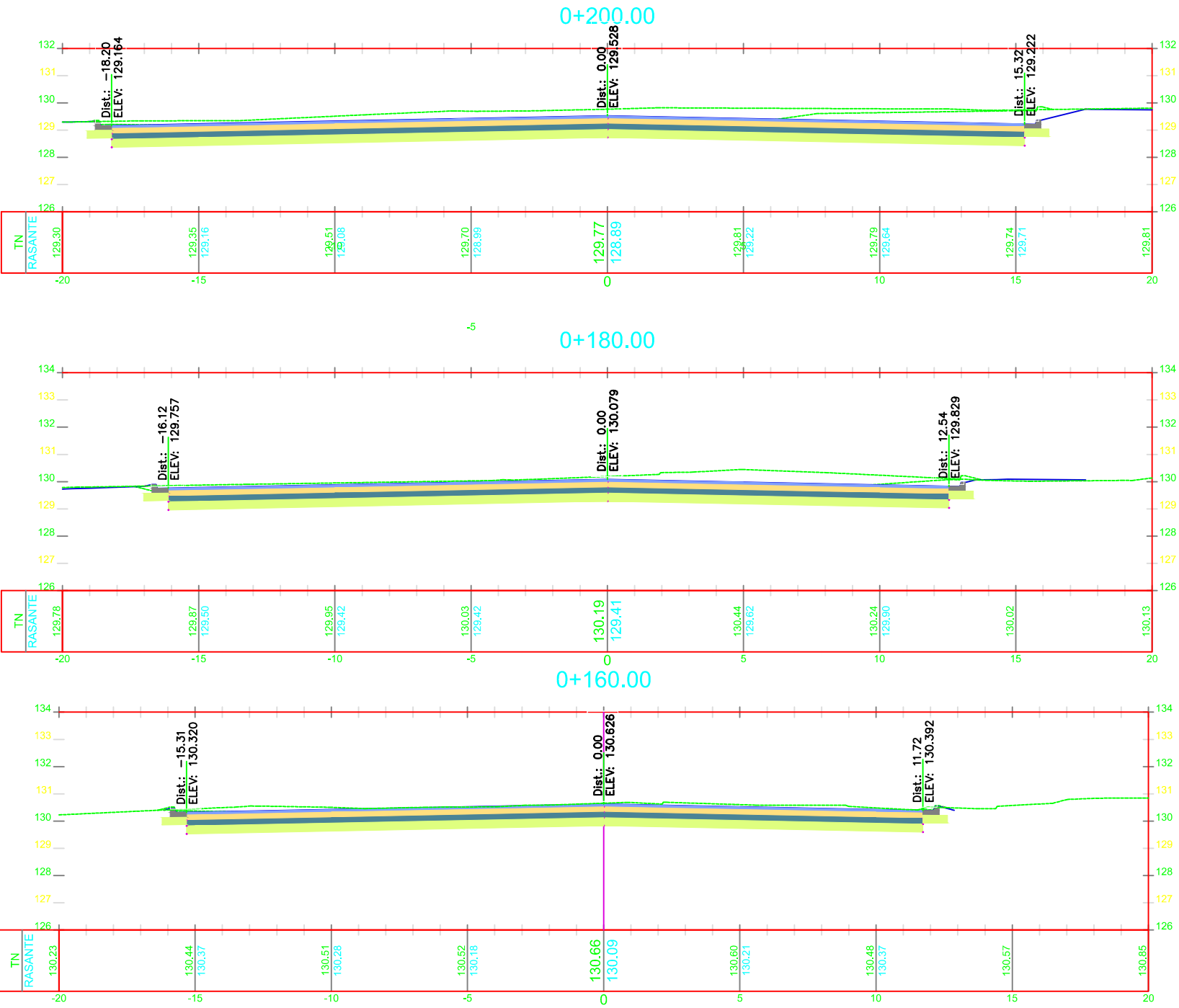
FECHA:

SEPTIEMBRE 2018.

# PERFIL EJE D.



 LIDER EN CIENCIAS Y TECNOLOGIA	DISEÑO:	ESCALA:	TEMA:	N°:	DESCRIPCION:	FECHA:
	BR. NORLAN LOPEZ ALEMAN. BR. ANA MARIA LIRA CASTRO.	H-1:750 / V-1:75	DISEÑO GEOMETRICO INTERSECCION HOSPITAL DEL NIÑO-2015.	LAM-07 LAM-13	DISEÑO DE PERFIL EJE D	SEPTIEMBRE 2018.



DISEÑO:  
BR. NORLAN LOPEZ ALEMAN.  
BR. ANA MARIA LIRA CASTRO.

ESCALA:  
H-1:200 / V-1:20

TEMA:

## DISEÑO GEOMETRICO INTERSECCION HOSPITAL DEL NIÑO-2015.

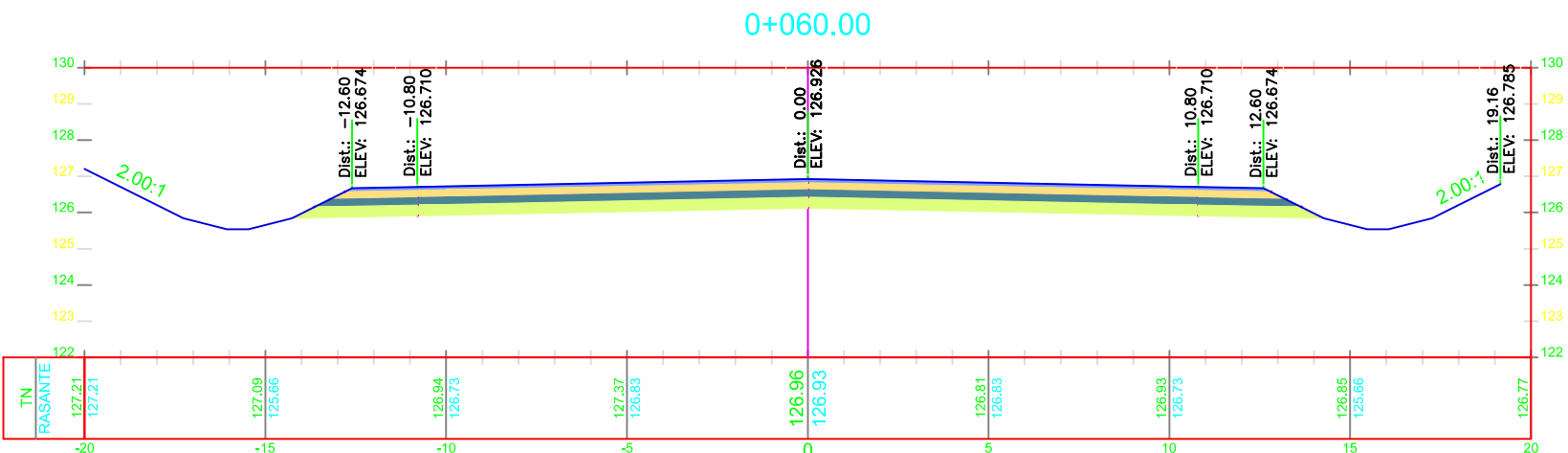
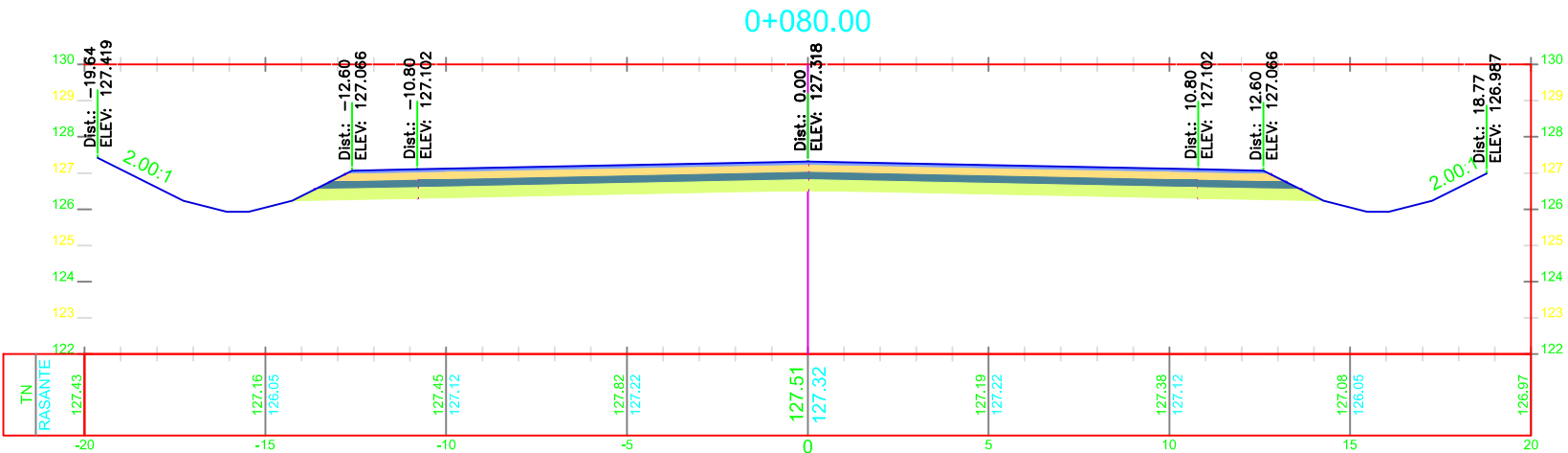
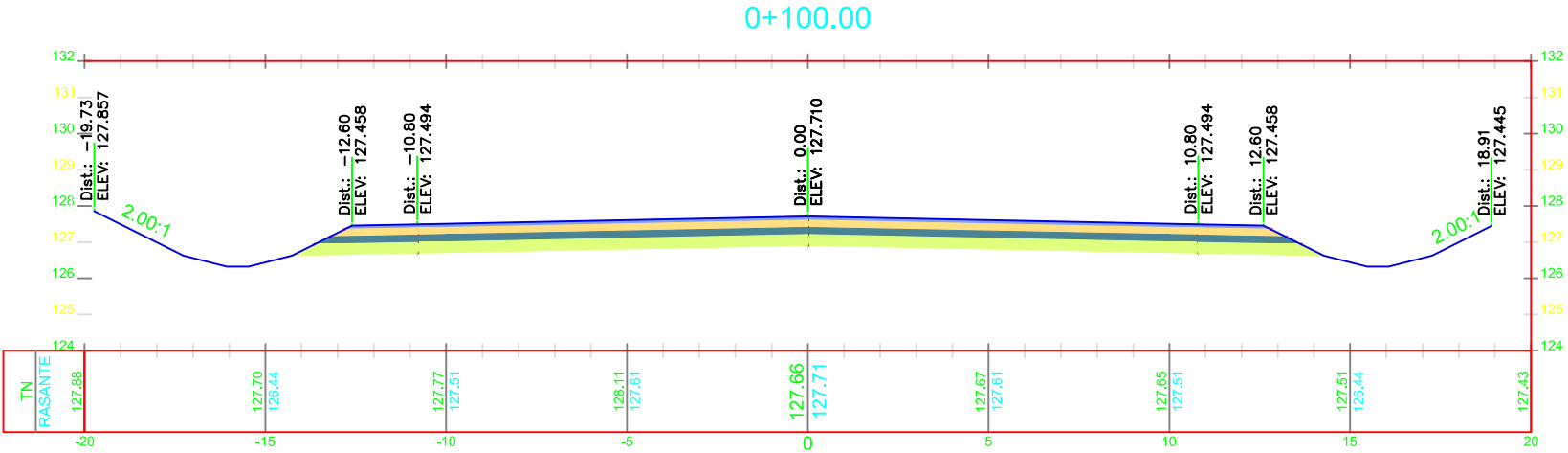
N°:  
LAM-08

LAM-13

DESCRIPCION:  
SECCION TRANSVERSAL EJE-A

FECHA:  
SEPTIEMBRE 2018.





DISEÑO:  
BR. NORLAN LOPEZ ALEMAN.  
BR. ANA MARIA LIRA CASTRO.

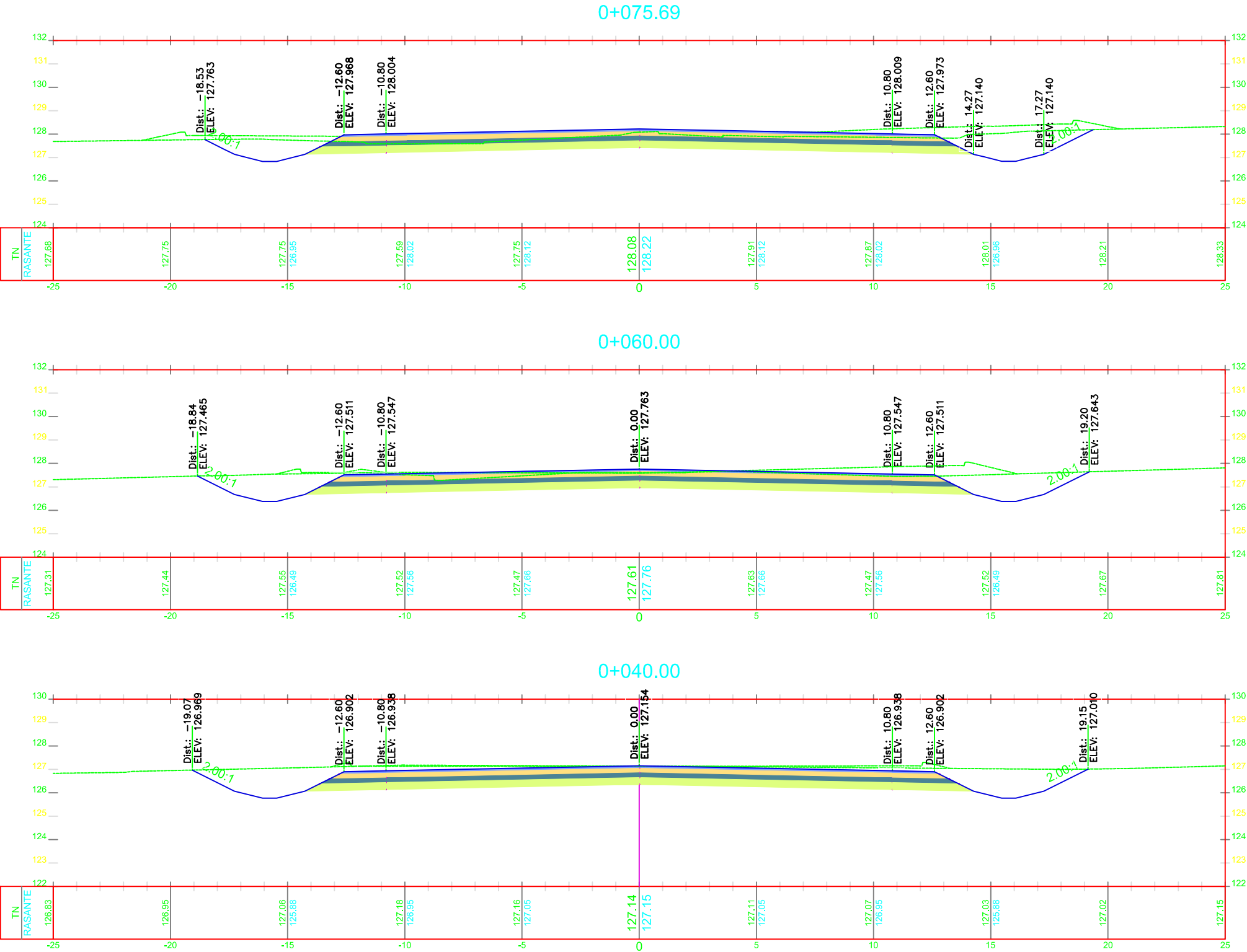
ESCALA:  
H-1:200 / V-1:20

TEMA:  
**DISEÑO GEOMETRICO INTERSECCION HOSPITAL DEL NIÑO-2015.**

N°:  
**LAM-09**  
**LAM-13**

DESCRIPCION:  
SECCION TRANSVERSAL EJE-A

FECHA:  
SEPTIEMBRE 2018.



DISEÑO:  
BR. NORLAN LOPEZ ALEMAN.  
BR. ANA MARIA LIRA CASTRO.

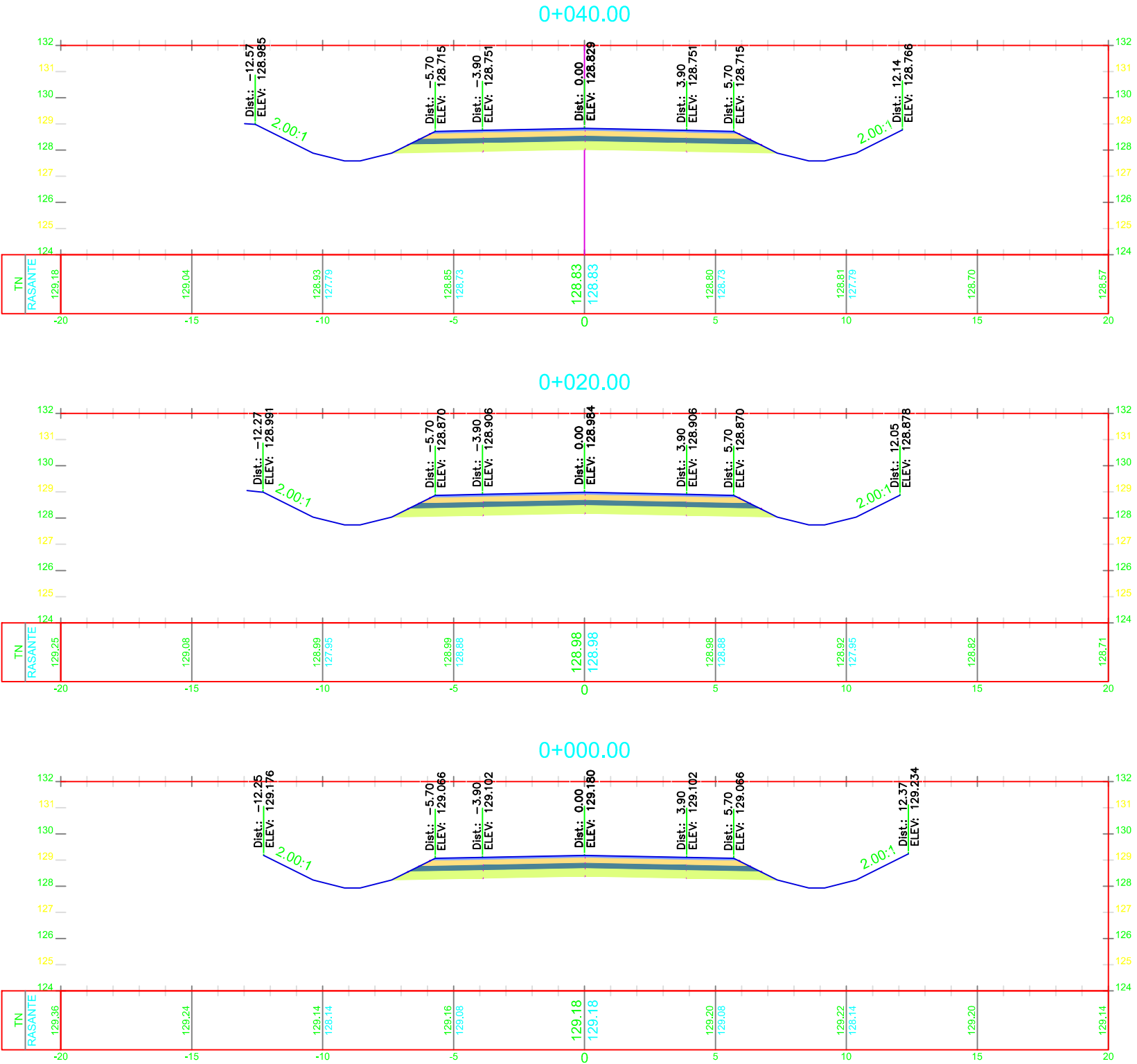
ESCALA:  
H-1:200 / V-1:20

TEMA:

### DISEÑO GEOMETRICO INTERSECCION HOSPITAL DEL NIÑO-2015.

N°:  
LAM-10  
LAM-13

DESCRIPCION:  
SECCION TRANSVERSAL EJE-C  
FECHA:  
SEPTIEMBRE DE 2018.



DISEÑO:  
BR. NORLAN LOPEZ ALEMAN.  
BR. ANA MARIA LIRA CASTRO.

ESCALA:  
H-1:200 / V-1:20

TEMA:

## DISEÑO GEOMETRICO INTERSECCION HOSPITAL DEL NIÑO-2015.

N°:  
LAM-11

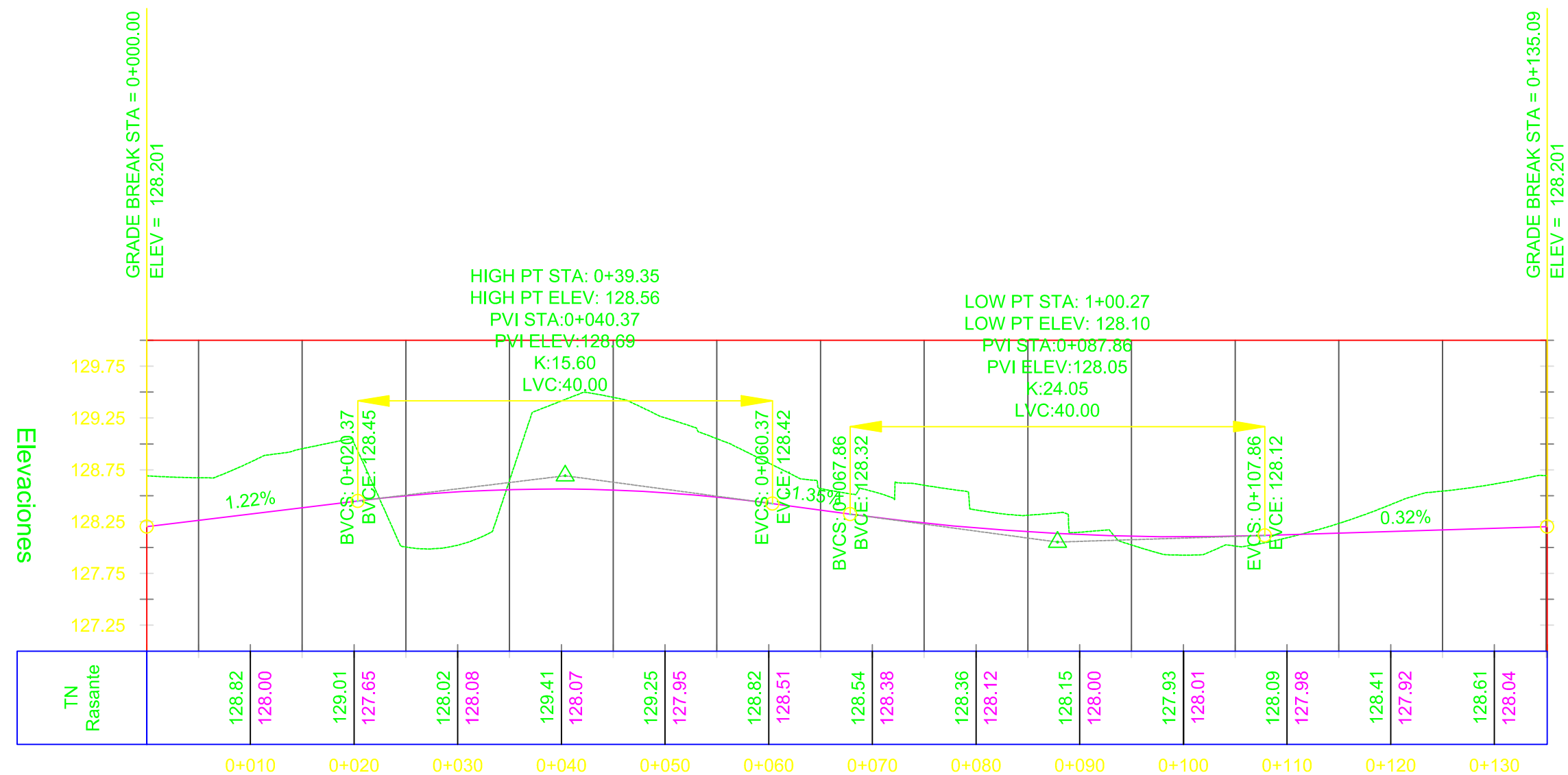
LAM-13

DESCRIPCION:

SECCION TRANSVERSAL EJE-D

FECHA:

SEPTIEMBRE DE 2018.



DISEÑO:  
BR. NORLAN LOPEZ ALEMAN.  
BR. ANA MARIA LIRA CASTRO.

ESCALA:  
V: 1:50 / H:1:500

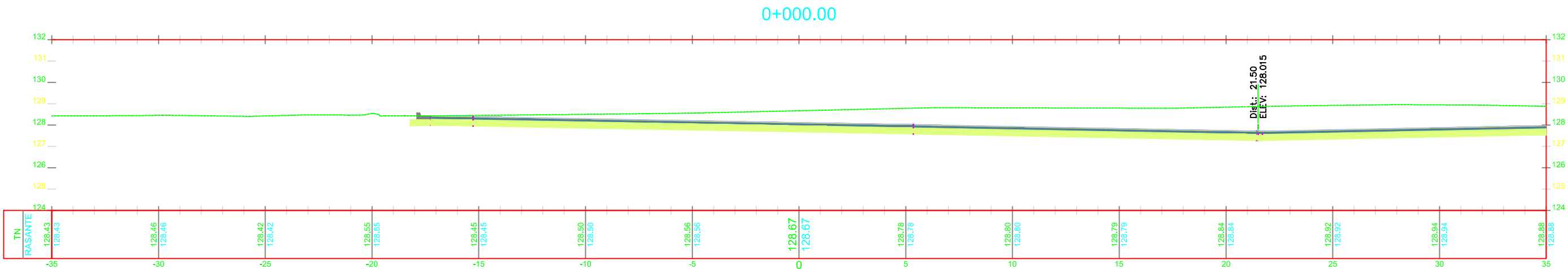
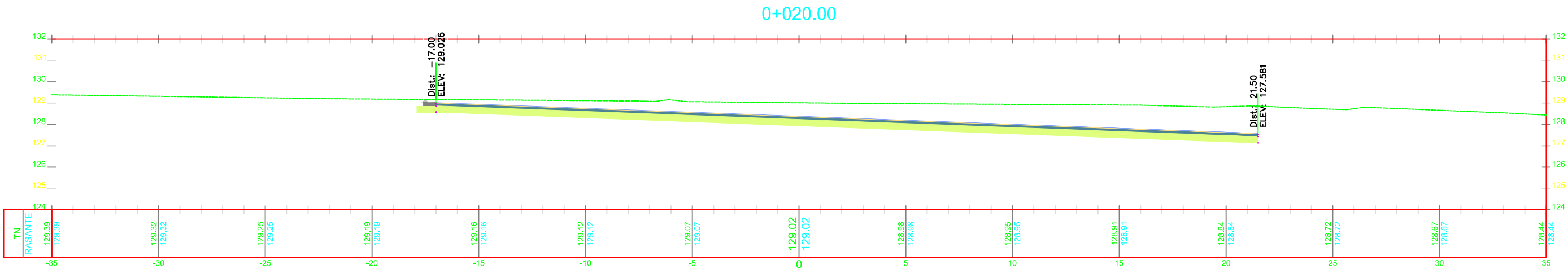
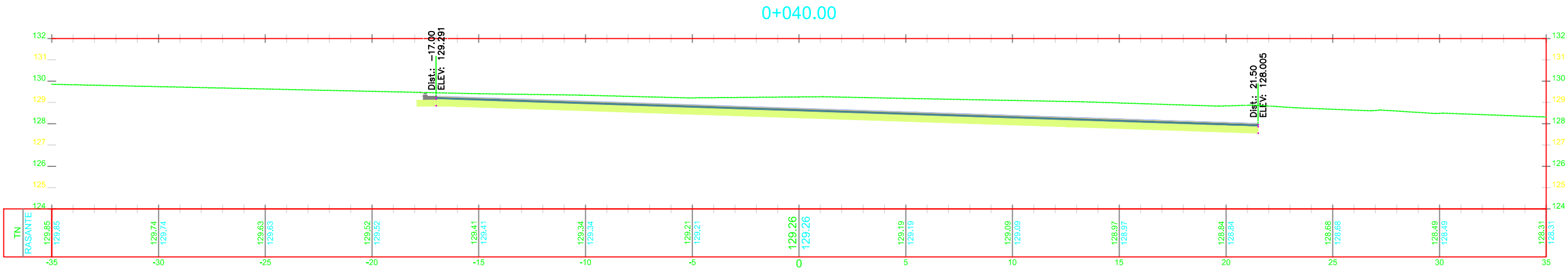
TEMA:

**DISEÑO GEOMETRICO INTERSECCION HOSPITAL DEL NIÑO-2015.**

Nº:  
**LAM-12**  
**LAM-13**

DESCRIPCION:  
DISEÑO DE PERFIL EJE ROTONA

FECHA:  
SEPTIEMBRE DE 2018.



LIDER EN CIENCIAS Y TECNOLOGIA

DISEÑO:

BR. NORLAN LOPEZ ALEMAN.  
BR. ANA MARIA LIRA CASTRO.

ESCALA:

H-1:200 / V-1:20

TEMA:

DISEÑO GEOMETRICO INTERSECCION HOSPITAL DEL NIÑO-2015.

N°:

LAM-13

LAM-13

DESCRIPCION:

SECCION TRANSVERSAL ROTONDA

FECHA:

MARZO 2018.

## **ANEXO No. 6: PROPUESTA DE SEÑALIZACIÓN EN LA ROTONDA**